ISSN 1346-9894

水研センター研報
Bull.Fish.Res.Agen.

水産総合研究センター
研 究 報 告

25

平成20年12月

BULLETIN OF FISHERIES RESEARCH AGENCY

No. 25
December 2008

FRA
Fisheries Research Agency

独立行政法人 水産総合研究センター
神奈川県横浜市
FISHERIES RESEARCH AGENCY
Yokohama, Kanagawa, Japan

Library
Pacific Islands Fisheries Science Center
2570 Dole St. Honolulu, HI 96822-2396

水産総合研究センター研究報告

第25号　　　　　　平成20年12月

目　　次

（総　説）

日本産硬骨魚類の耳石の外部形態に関する研究
飯塚景記・片山知史 ………………………………………… 1

（博士号論文）

クロソイの栽培漁業技術開発に関する研究
中川雅弘 ………………………………………… 223

（和文要旨） ………………………………………… 289

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/bulletin-japan-fisheries-research-education-agency_2008-12_25

水研センター研報，第25号，1－222，平成20年
Bull. Fish. Res. Agen. No. 25, 1-222, 2008

日本産硬骨魚類の耳石の外部形態に関する研究

飯塚景記[*1]・片山知史[*2]

Otolith morphology of teleost fishes of Japan

Keiki IIZUKA and Satoshi KATAYAMA

Abstract：In order to examine the diversity and generality of otolith morphology, we observed and measured saggital otoliths of 550 species from 162 families of Japanese fishes. In chapter 1, we reviewed the research history on otolith morphology and presented the terminology used in this paper. In chapters 2 through 8, morphological characteristics such as external form, side form, sulcus form, annual structure in the otolith surface and its section, and metrical characteristics (otolith length, width, and area index, length:height ratio, and relative size) were described for each species. We examined otolith characters that could be used to identify fish species and taxa based on these characteristics. In the last chapter, the diversity and generality of external otolith form and size and their evolutionary, systematic, ecological and functional morphologies were discussed.

For the external shape, the ellipsoidal otolith is a general morph. Elongate types, with a otolith length:height ratio over 3.0, occurred in 16 species of *Coryphaenoides pectoralis, Anoplopoma fimbria, Scorpaenopsis cirrosa, Scopelosaurus hoedti*, Synodontidae fishes, Platycephalidae fishes, *Sphyraena japonica, Lepidocybium flavobrunneum, Ruvettus pretiosus,* and tuna species. A rectangular type was found only in 3 species (Scomber fishes and *Katsuwonus pelamis*) and a tall elliptical type was found in 8 species, suggesting that these types can be used as diagnostic characters. Indeterminate otoliths, shaped like a sailboat, were a unique shape occurring in *Zeidae* and *Tetraodontidae* species.

Approximately 75 % of all species have outside warped otoliths. Inside warped (backwarped) otoliths occurred in some fish species, i.e. *Monocentris japonica, Slangichthys microdon, Pleuronichthys* sp., and *Cynoglossus robustus.*

Sulci in the otoliths of over 75 % of species were formed from the excisura major to the core or the posterior otolith margin. Rounded sulci were found in some Pleuronectiformes and Gobiidae species as well as several species such as *Ilyophis brunneus, Pisodonophis zohistius, Acromycter nezumi, Paraliparis* sp., and *Malthopsis annlifera.*

Putting these otolith characteristics together, over 40 % of species have warped ellipsoidal otoliths with a sulcus formed from the excisura major to around the posterior margin, which was recognized as a typical pattern. Oppositely excluded otolith morphs were available for diagnostic characteristics. In this study, only 70 species (about 12 % in all fishes) could be identified based on the combination of external otolith characters. But many genera or families have otoliths with distinguishable traits, and our descriptions would therefore be useful for identifying fish taxa by observing the otolith morphology.

The evolutionary phylogenetic nature of otolith morphology was unclear through the

2008年6月6日受理（Received on June 6, 2008）
[*1]元東北区水産研究所八戸支所 〒031-0841 青森県八戸市鮫町下盲久保25-259
(Hachinohe Branch, Tohoku National Fisheries Research Institute, 25-259 Shimomekurakubo, Same-machi, Hachinohe, Aomori 031-0841, Japan)
[*2]中央水産研究所浅海増殖部 〒238-0316 神奈川県横須賀市長井6-31-1
(Coastal Fisheries and Aquaculture Division, National Research Institute of Fisheries Science, 6-31-1 Nagai, Yokosuka, Kanagawa 238-0316, Japan)

description in this study, because almost all types of external shapes, side forms, and sulci occurred across taxa. If we focus on the relationship with life style (habitat), demarsal fish species have both orbicular and elongate otoliths, and we conclude that life style does not determine the otolith external shape. But over 80 % species with well-developed sulci in otoliths belonged to the Clupeidae, Salmoniformes, Gadiformes, Hexagrammidae, Acropomatidae, Serrannidae, Apogonidae, Carangidae, Haemulidae, Sparidae, Gempylidae, Scombridae, and Tetraodontiformes, all of which are characterized as migratory pelagic species or schooling rocky fishes. On the other hand, over 60 % of species with poorly developed sulci belonged to the Angulliformes, Platycephalidae, Scorpaenidae, Cottidae, Liparidae, Zoarcidae, Stichaeidae, Gobiidae, and Pleuronectiformes, which are characterized as settled demarsal species. Beside them, the otolith sulci in the genus *Sebastes* were shorter in the shallower habitats. The functional morphology of the otolith sulci seems to be important in understanding the relationship between otolith morphology and life style.

In general, larger body length correlated with smaller relative otolith size within and between-species. Fishes with a relative otolith size (otolith length ×1000/total body length) under five were spindle-shaped fishes, eel-like fishes, Istiophoridae species, and Tetraodontiformes species. Conversely, fishes with large-sized otoliths have allometrically large heads. Therefore, relative otoith size was determined by the relative head size and/or the body shape of the taxon, rather than life style, habitat, migratory habit, or evolutional phylogeny. Otolith length:height ratios could be also understood in relation to the head shape, as with the otolith size.

Key words ; Otolith, Morphology, Variation, Identification

目　次

はじめに

第１章　耳石の形態特徴の類型化と大きさの基準
1．耳石の形態研究の経緯
2．耳石形態の一般的特徴
3．耳石の部位の名称および形態の類型化
4．耳石の測定部位および相対サイズ
5．まとめと考察
6．別表：耳石外形の類型化と記号

第２章　各目魚類の耳石形態の特徴
1．チョウザメ目（Acipenseriformes）
2．ソトイワシ目（Albuliformes）
3．ソコギス目（Notacanthiformes）
4．ウナギ目（Anguilliformes）
5．ニシン目（Clupeiformes）
6．ネズミギス目（Gonorynchiformes）
7．コイ目（Cypriniformes）
8．ナマズ目（Siluriformes）
9．ニギス目（Argentiniformes）
10．サケ目（Salmoniformes）
11．ワニトカゲギス目（Stomiiformes）
12．ヒメ目（Aulopiformes）
13．ハダカイワシ目（Myctophiformes）
14．アカマンボウ目（Lampridiformes）
15．タラ目（Gadiformes）
16．アシロ目（Ophidiiformes）
17．アンコウ目（Lophiiiformes）
18．カンムリキンメダイ目（Stephanoberyciformes）
19．キンメダイ目（Beryciformes）
20．マトウダイ目（Zeiformes）
21．トゲウオ目（Gasterosteiformes）
22．ボラ目（Mugiliformes）
23．トウゴロウイワシ目（Atheriniformes）
24．カダヤシ目（Cyprinodontiformes）
25．ダツ目（Beloniformes）
26．カサゴ目（Scorpaeniformes）・カサゴ亜目（Scorpaenoidei）
27．カサゴ目（Scorpaeniformes）・カジカ亜目（Cottoidei），セミホウボウ亜目（Dactylopteridae）
28．スズキ目（Perciformes）・スズキ亜目（Percoidei）
29．スズキ目（Perciformes）・スズキ亜目以外の亜

目
30. カレイ目（Pleuronectiformes）
31. フグ目（Tetraodontiformes）
第３章　総合考察
1．耳石形状の分類群毎の特徴
2．平面形の類型組成と特徴的な魚種
3．側面形の類型組成と特徴的な魚種
4．溝の形状の類型組成と特徴的な魚種
5．耳石形状のコード（平面形 - 側面形 - 溝の形状）の組み合わせ
6．耳石形状の形成要因

おわりに
謝　辞
文　献

はじめに

最近，硬骨魚類の耳石は対象魚種の生活に係る様々な情報を包含している貴重な硬組織として，水産研究者や生理生態研究者から改めて注目されている。魚類の耳石は，機能的には他の動物と同様に，聴覚と平衡感覚に関与している三半規管の一部の硬組織であり，見た目は単なる小粒な平板状の石灰質の塊であるが，形は円形，楕円形，三角形，四角形不定形等多様である。このような耳石は内耳の小嚢，壷嚢と通嚢の３嚢の内壁からの分泌物によって形成される３個の炭酸カルシウム主体の結晶であるが，内耳は頭蓋骨の耳核内に左右一対あるので，魚類一尾の耳石数は合計６個となる。一般に，最も大きい耳石が小嚢にある扁平石（saccular otolith = sagitta），次に大きいのが壷嚢にある星状石（lagenar otolith = asteriscus），最も小さいのが通嚢にある礫石（utricular otolith = lapillus）であり，通常，単に耳石（otolith）と言われるものは扁平石である。

従来，耳石は表面もしくは断面に現れる輪紋の読み取りや性状から対象魚の年齢推定と系群識別に多く使用され，有用魚類の生態解明と資源解析に貢献してきた。特に，年齢研究については，古くは第二次世界大戦前の北欧海域でのタラ，カレイ，ニシン等の重要魚種に始まり，現在まで世界中の多くの魚種の年齢・成長が明らかになっている。このような耳石解析による研究は，戦後1960～70年代になって，耳石の生成，成長に関する生理的研究や微細構造，日齢に関する研究が新たに始まり，更に微量成分分析による生活履歴に関する研究等が加わり，現在では魚類の生活史解明に係る最も重要な研究になっている（国内の耳石研究史と関連文献については飯塚（2002，2004）を参照）。

耳石形態に関する研究は，魚類年齢研究と共に早くから行われており，研究報告も比較的多い。それらの内容は，一魚種の耳石外形から複数魚種の耳石の外形，溝，核等の特徴を解析した研究まで様々である。形態研究の目的は主として種の判別と系群識別にあり，種の判別では大型魚類，海生哺乳類，頭足類等の魚食性動物の胃内容物に残存する耳石や新生代の地層に埋没する耳石化石から種の同定がなされている。種の判別要因としては耳石の外形や溝と核の検討が中心で，とくに耳石化石の研究では，溝の形状の解析が重点的に行われている。しかし，耳石サイズを含めて耳石形態を体系的に整理した報告はこれまでないと思われる。筆者らは，耳石の形と大きさを分類群内，分類群間で比較を行い，さらに縦偏形，側編形等の魚体型や定着性，回遊性等の生活型との関連を検討することにより，多様な耳石形態の法則性を見いだすことを目的として，日本産硬骨魚類29目，162科，550種の耳石を収集し，表面各部の観察と耳石の長さと高さの計測を行った。本論文では耳石形態の形状を類型化した上で，観察結果，計測結果を基に，魚種毎の耳石形態を分類群毎に整理し記載するものである。

第１章では，まず耳石形態研究が国内外でどのような研究経緯で進められてきたかを簡潔に述べ，次に，耳石の外部形態について，全体の形および各部位の形状を類型化し，さらに耳石の大きさの基準を決めた。第２章では，対象目毎に各魚種の分類，生息状況および標本魚の採集とこれまでの形態，年齢研究の経緯を述べ，さらに種別の耳石外形の写真（凹面）とスケッチ（凹凸面）を提示し，目，科および種別に耳石形態の特徴を詳述した。第３章では２章で得られた耳石形態の特徴を総括し，諸属性等との関連を検討した。なお，標本魚の分類体系と学名，標準和名は中坊（2000）に従った。

第１章　耳石の形態特徴の類型化と大きさの基準

1．耳石の形態研究の経緯

従来，耳石の形態研究では，種の特徴，判別と系群識別を主目的に，耳石の外形，溝の特徴や耳石輪相の解析が行われてきた。研究の始まりは20世紀の初めで，北欧海域の主要魚種を対象に年齢研究と共に行われた。まず，耳石表面の各部の名称が大西洋ニシンで付けられ，さらに各科魚類の耳石外形の特徴が明確にされている（Fryd, 1901）。国内では第二次世界大戦後になって，耳石形態に関する研究が行われるようになった。研究の内容をみると，国内外の研究は共に，単に一魚種の耳石外形に関する報告的な研究から，多数

魚種の耳石の外形，溝，核等と大きさの特徴を明確にしようとする分類形質に関する研究まで様々である。また，関連研究では，上記の耳石形態や輪紋等の耳石相から系群識別，水生哺乳動物等の消化器官に残存する魚類耳石の種の判別，異常耳石の性状，耳石化石の種の判別に関する研究等が行われている。

耳石の形態研究では単独種もしくは複数種を対象に行われた報告が多い。国外の魚類を網羅的に扱った研究としては，胃内容物耳石の種判別を目的としたSchmidt (1923), Frost (1924), Fitch and Brownell (1968), Hecht (1987) 等の報告，耳石化石の種判別を目的としたCampbell (1929), Frizzell and Dante (1965), Huddleston and Barker (1978), Malcolm *et al.*, (1995), Aguilera and Aguilera (2001), Campana (2004) 等の報告がある。特に南アフリカ周辺海域の972魚種を扱ったMalcolm *et al.*, (1995) の報告では，耳石の大きさから魚体長や体重を推定するために用いるアロメトリー式も，個々の魚種について記載されている。日本産魚類では，Ohe (1985) が新生代の地層に現れる耳石化石の種の判別を目的に，日本産現存魚類421種の耳石について，耳石形態の用語，種別の耳石外形，側面形，溝の形状，核等の特徴や類型化，耳石各部の大きさ等に関する詳細な形態研究を行っている。

本論文では耳石形態の観察属性として，外形，側面形，前角，前上角，欠刻，溝，隆起と輪相について，それぞれの特徴を採集された魚種毎に記述した。主要な観察属性については類型化すると共に，測定属性として，大きさの基準では耳石長比，相対耳石サイズ等の相対的数値を用い，目魚類あるいは科魚類毎にとりまとめ，分類群の判別と特性を検討した。本論文の特徴は，耳石形態に関する多くの属性の解析と分類学上のとりまとめにより，種の判別にいたる分類群毎の特性を明らかにし，さらに形態規定の要因を解明しようとするものである。

2．耳石形態の一般的特徴

硬骨魚類の三半規管の構造と耳石については，Campbell (1929)，岩井 (1963)，岩井ほか (1965)，Popper (1979)，松原ほか (1979)，Gauldie (1993) 等の報告があり，3嚢（通嚢，小嚢と壷嚢）内の礫石，扁平石と星状石の図が示されている。本稿ではヒラマサ，マサバの3種について，3嚢内の3種の耳石を示した。耳石を包む3嚢の大きさは魚種によって異なるが，3種の耳石の位置関係は殆ど変わらない (Fig. 1-1)。

耳石は一般に小さくしかも脆いので，採取する際に破損したり，見失ったりする場合が多い。耳石を破損せず素早く採取するには，頭部における耳石の存在位置，頭骨と脳，魚体の大きさ等を考慮に入れた，1）頭部を切断し，頭部の頭頂骨を削り取り，現れた脳を除去しその下の耳石を上部から採取する（最も確実な方法で，どの魚種にも有効），2）頭部の眼の後部をやや斜めに切断し，残った頭部の側面から耳石を抜き取る（敏速に採取できる方法で，サバ属魚類等で有効），3）頭頂骨を浅く横に切り，切目を前後に折り曲げ，割れ目から耳石を採取する（魚体があまり大きくなく，耳石が比較的大きい魚種が対象になり，とくにメバル属魚類では頭頂骨隆起上で有効），4）鰓を除去し，現れた前耳骨を削り取り，耳石を下面より採取する（比較的難度の高い方法であるが，頭部が破損しないので，魚体を標本として保存する場合に有効），の4方法がある (Panfili, 2002)。耳石採取法については，タラ科，サバ科，サケ科，カレイ科魚類等に関する報告があるが，上述の1)，2) と4) 法とほぼ同様である (Fitch, 1951, Steven, 1952, McKern and Horton, 1970, Williams and Bedford, 1973, Schneidervin and Hubert, 1986, Scarnecchia 1987)。

耳石（扁平石）形態の特徴を把握するためには，一つには観察要因として耳石の形状（表面，断面と側面の外形輪郭等），表面の各部位の特徴（溝，核，隆起，前角，前上角，欠刻，輪相等）や断面の輪相の特徴を明確にすること，二つには測定要因として耳石の各部長の測定値から大きさ等の数的評価が必要である。これらの2つの要因がある程度量的に取り扱われ，比較検討されることによって，各魚種の判別が可能になると考えている。耳石の観察および測定は，一般的には左側の耳石が使用される。しかし，基本的には異体類とナマズ類の一部を除けば左右相同であるため (Wright *et al.*, 2002)，本稿では異体類（ヒラメ科とカレイ科）とナマズ目以外は，左右の形状の差異については言及しなかった。

3．耳石の部位の名称および形態の類型化（6．別表に類型およびコードの一覧表）

耳石の形と大きさは魚種によって異なり多様であるが，Fig. 1-2は典型的な耳石（扁平石）の模式図と部位を示したものである。耳石表面には，一般に部分的な形状としてRostrum, AntirostrumとExcisur, また，耳石の内外面にはArea, Sulcus, Ostium, Cauda, Cristaと呼ばれる部位がある (Fryd, 1901)。久保・吉原 (1967) はこれらの部位について解説し，主要な部位として前角 (Rostrum)，前上角 (Antirostrum)，欠刻 (Exisur)，溝 (Sulcus)，隆起 (Crist) と核

(Cauda) をあげている。Caudaは尾 (溝の後部) の意味であるので，おそらく耳石形態図の部位からみて，Core (Kernel) の間違いと考えられる。耳石表面の部位の名称については，いくつかの報告 (Frizzell and Dante, 1965, Messieh, 1972, Casteel, 1974, Gaemers, 1984, Ohe, 1985, Bori, 1986, Smith, 1992, Malcolm *et al.*, 1995, 大泉，2001) があり，そのなかには，溝に関する更に詳細な記述があるが，本稿ではFryd (1901) と久保・吉原 (1967) に準拠し，魚種判別の指標となる可能性がある外形，前角，前上角と欠刻を含めた耳石の平面形を検討し，さらに側面形 (耳石上縁部を上方から観察)，凹面上の隆起，溝の形状，輪相等の検討を行った。ここで示した隆起は上記の溝 (salcus) 縁辺の隆起 (crist) ではなく，耳石凹面上 (internal face) の「膨らみ (dorsal trough)」を指している。平面形では前上角と欠刻が認められない魚種もあるが，外形，側面形と溝の形状については判別要因として類型化を行った。

3-1．平面形 (外形) の類型化

平面形では外形 (輪郭) から，まず基本形として円形，楕円形，線形，三角形，四角形と不定形の6形に区分できる。円形，楕円形と線形の耳石については，耳石長比 (耳石高に対する耳石長の比) が3以上の広線形型 (elongate type)，2～3の長楕円形型 (elliptical type) に分類できる。耳石長比が2以下については，便宜的ではあるが，1.2以下を円形型 (orbicular type)，1.2～2.0を楕円形型 (ellipsoidal type)，また，約0.8～0.5 (耳石長より耳石高が大きい楕円形) を縦長楕円形型 (tall elliptical type) とした。三角形は三角形型 (deltoid type)，四角形は正方形型 (quadrate type) と長方形型 (rectangular type)，不定形は不定形型 (indeterminate type) とした合計9類型の区分が妥当と考えられる (Fig. 1-3)。例として，類型に対応する典型的な魚種を示すと，円形型ではクサウオ科のサケビクニン，アバチャン，カレイ科のヒレグロ，楕円形型ではカレイ科のマコガレイ，アナゴ科のマアナゴ，フサカサゴ科のキツネメバル，長楕円形ではタラ科のコマイ，フサカサゴ科のイズカサゴ，スズキ科のスズキ，縦長楕円形型ではハダカイワシ科のミカドハダカ，ハゼ科のイトヒキハゼ，広線形型ではフデエソ科のヒカリフデエソ，クロタチカマス科のアブラソコムツ，三角形型ではネズッポ科のトビヌメリ，ネズミゴチ，ヨコエソ科のキュウリエソ，サバ科のキハダが代表的である。正方形型ではハゼ科魚類のアシシロハゼ，ミミズハゼ，ジュズカケハゼ，長方形型ではサバ科魚類のカツオ，マサバとゴマサバ，また，不定形型では様々な形状があるが，飛鳥形のマトウダイ科のマトウダイ，アカマンボウ科のアカマンボウ，帆船形のフグ科魚類が特徴的である。各型の出現状況をみると，採集した耳石標本中では楕円形型が最も多く，広線形型と長方形型が少ない。外形の検討は，多くの魚種で種の特徴や判別を目的にした多くの報告があるが，その類型化に関する研究は比較的少ない (松島，1958, Kotthaus, 1961, Ohe, 1985, Nolf 1993, Malcolm *et al.*, 1995)。

3-2．側面形の類型化

側面形はFig. 1-4のように，反り状型 (warped type)，棒状型 (stake type)，半広線形型 (Half broad linear type)，突出隆起型 (bump type)，逆反り状型 (back-warped type) と不定形型 (indeterminate type) 6類型に分けられる。反り状型には，反りに強，弱 (大，小) がみられ，反りが強いものは，耳石の上下縁が内側に曲入している。また，逆反り状型は反りが非常に小さい。各型の出現状況をみると，反り状型が最も多く，逆反り状型と不定形型が少ない。側面形の検討はこれまで殆どされておらず，日本産魚類の多数種 (Ohe, 1985)，ハダカイワシ科魚類 (Gago, 1993) とスズキ亜目魚類 (Nolf, 1993) の研究では，形状図が記載されているに過ぎない。Malcolm *et al.*, (1995) は側面形について，各耳石の厚さの度合を記載しているが，形状の類型化は行っていない。なお，平面形が不定形のため溝の確認が困難な魚種については不明 (Invisible : iv) とした。

3-3．溝の形状の類型化

耳石平面の凸面に存在する溝 (sulcus) は耳石外形と同様に，魚種判別の重要要因とされている。とくに，耳石化石の研究で有効とされ，カリフォルニア地方での一連の耳石化石研究 (Fitch, 1964, 1966, 1967ab, 1968, Fitch and Barker, 1972, Fitch and Schultz, 1978, Huddleston and Barker, 1978) があり，主として溝の形状から多くの魚類の目，科と種が判別されている。現存種の溝については，サバ科魚類 (Fitch and Craig, 1964, 中村, 1994)，サケ科魚類 (Casteel, 1974)，日本産魚類421種 (Ohe, 1985)，南極周辺海域の魚類120種 (Hecht, 1987)，スズキ亜目魚類156種 (Nolf, 1993)，南アフリカ周辺海域の972種 (Malcolm *et al.*, 1995) に関する詳細な研究がある。これらの研究では溝の部分的な名称を明示し (ostium, cauda, colliculum, crista 等)，線状的，面積的な形状だけでなく，外部的には途切れや括れ，内部的には深さ，段，凹凸等の複雑な構造を検討している。しかし，本研究

では，内部構造については検討せず，線，棒状的な形状と長さや広がりを中心とした特徴を解析したので，詳細な内部構造に関しては上記の知見を参考にされたい。

耳石の溝は，一般的には耳石前縁部の欠刻付近から後方に伸びる直曲の線状あるいは棒状の凹みである。幅,深さと長さは魚種によって様々であり,溝の長さ，広がり，存在する位置から6類型に分けられる（Fig. 1-5）。長さや広がりでは，欠刻部から後縁あるいは下縁後部に達するもの（Ⅰ型），欠刻部から中央後部から後縁付近まで認められるもの（Ⅱ型），欠刻部から中央付近まで認められるもの(Ⅲ型)がある。A型では，ほぼ真直ぐに，あるいは後端が僅かに下方に曲がり，後縁に達するもの（$Ⅰ_1$型），中央から後部で下方に，あるいは後端が下方に曲がり（または斜め下方に湾曲して），後縁あるいは下縁後部に達するもの（$Ⅰ_2$）の2 sub-typeに分けられる。Ⅱ型では，ほぼ真直ぐに，あるいは後端が僅かに下方に曲がり，後縁付近まで認められるもの（$Ⅱ_1$型），中央から後部で下方に，あるいは溝の後端が下方に曲がり（または斜め下方に湾曲して），後縁あるいは下縁の後部付近まで認められるもの（$Ⅱ_2$型），中央後部あるいは中央と後縁の中間付近まで認められるもの（$Ⅱ_3$）の3 sub-typeに分けられる。Ⅲ型には中央に達しないものもあるので，溝の長さはⅠ，Ⅱ型に比べかなり短い。また，ニベ科や大部分のハゼ科とカレイ科のように，欠刻とは関係なしに耳石の前部から後部に，楕円形，長楕円形，広線形状や不定形状に認められる（Ⅳ型）や「オタマジャクシ」に似た特殊な形状を示すもの（Ⅴ型）がある。その他としては，欠刻部から上，下縁に伸びるもの等（Ⅵ型）がある。各型の出現状況をみると，Ⅱ型は$Ⅱ_1$型を主体に著しく多く，Ⅵ型が非常に少ない。全体的にみて，ニシン目，カサゴ目とスズキ亜目の溝は比較的幅広く深いので明確であるが，ウナギ目，アンコウ目，ハゼ科とカレイ目の溝は非常に浅いので不明確である。なお，形状不明とした44種のうち，溝が浅くて型の判別が困難な魚種が10種，平面形が不定形のため溝の確認が困難な魚種が26種あったため，これらは不明（Invisible：iv）とした。また記載漏れの18種についてはNo data (nd) とした。

3-4．輪相（輪紋）について

耳石にみられる輪相（輪紋）は，年齢形質として多くの年齢査定研究に用いられてきた。輪紋が年齢形質として有効かどうかは，輪紋形成に関して季節性，同調性を確認する必要がある。輪紋を観察する方法としては，水，アルコール，キシレン，グリセリンなどに浸漬して直接観察する方法，縦断面，横断面もしくは平面方向の切片を作成し観察する方法（薄片法），切片を染色する方法,加熱した上で断面を観察する方法,加熱した耳石断面を蛍光観察する方法（Burnt otolith UV観察法）などがある。本稿では，水中の耳石を直接観察した際の輪紋である輪紋構造の有無を記載した。また一部の種については，加熱した耳石断面を蛍光観察した結果を示した。

4．耳石の測定部位および相対サイズ

耳石のサイズについてはこれまでの研究では，421種を対象に魚種毎に耳石長・耳石高・耳石長／耳石高（耳石長比）の記載（Ohe, 1985），サケ科魚類を対象に核を中心にして上下左右4つの耳石半径の測定・比較（L' Abée-Lund, 1988, L' Abée-Lund and Jensen, 1991）や，沿岸・沖合性魚類（中村，1994）を対象に，耳石長／体長の値の検討が行われている。特にMalcolm *et al.*（1995）は，南アフリカ周辺海域の972種殆どの魚種について，耳石長の全長，標準体長，尾叉長，体重に対する関係式（アロメトリー式）を記載している。

本研究では，全体的には耳石の長さ（耳石長），高さ（耳石高）を測定部位とした（Fig. 1-6）。この耳石高に対する耳石長の比（耳石長比，length:height ratio）を求め，耳石の丸みと細長さの度合いを表した。魚種間で耳石サイズを比較する際には，体長に対する相対的なサイズを求める必要があるので，中村（1994）を参考に，全長に対する耳石長の比（耳石長／体長×1000）を相対耳石サイズ（relative otolith size）とした。また面積については耳石長×耳石高／体長×100をもって相対面積指数（otolith area index）とした。複数個体の標本については，各個体の各測定値および計算された指数を平均して得られた値を示した。耳石長，耳石高と体長との関係をみると，多くの魚種について（稚仔魚期を除くと）正の相関関係が認められ，年輪径から計算体長を推定する際に用いられている。耳石の長さは低倍率の実体顕微鏡で測定した。耳石長は耳石凹面の前縁先端から後縁までの長軸(anterio-posterior axis)，耳石高は上縁先端から下縁までの最長の短軸(dorso-ventral axis)とした。また，ヒラメ科とカレイ科については，有眼側と無眼側の耳石形態の相違を明らかにするため，4つの耳石半径(核から前縁先端，後縁先端，上縁先端，下縁先端）を測定した。

5．まとめと考察

魚類耳石の形態研究では，機能との係わりに関する

研究，年齢等の生活履歴に関する研究，分類形質に関する研究等，多様に展開されている。とくに，分類形質に関する研究は魚食性動物の消化管内の耳石の種の特定，主要な魚種の系群識別，新生代の化石耳石の判別等に大きく貢献している。しかし，機能的には三半規管の一部である耳石が，多様な形態と大きさを示す事にどのような意味と法則性を持っているかは未だ解明されていない。

本稿で行った形態特性の類型化では，外形，側面形や溝の類型の決定には的確性や客観性に不充分な面がある。また，欠刻や輪紋の評価では，決定基準を決めることが出来ず，やや明確(明瞭)，やや不明確(不明瞭)

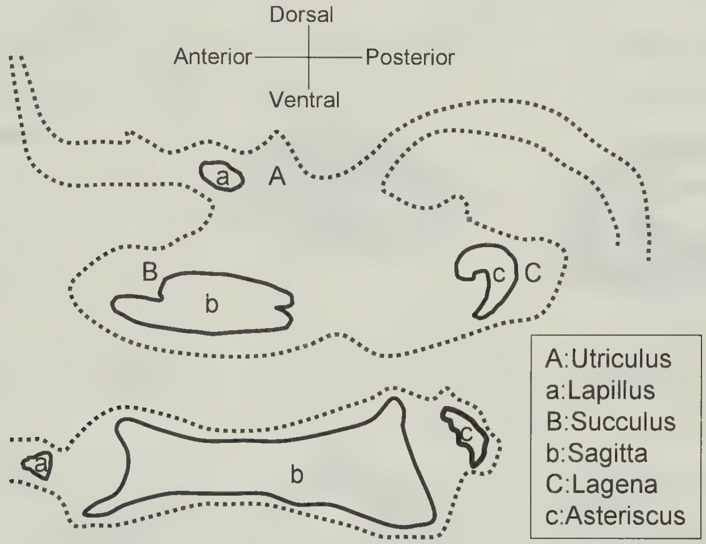


Fig. 1-1. Otoliths within the labyrinth systems of Masaba, *Scomber japonicus* (top) and Hiramasa, *Seriola lalandi* (bottom).

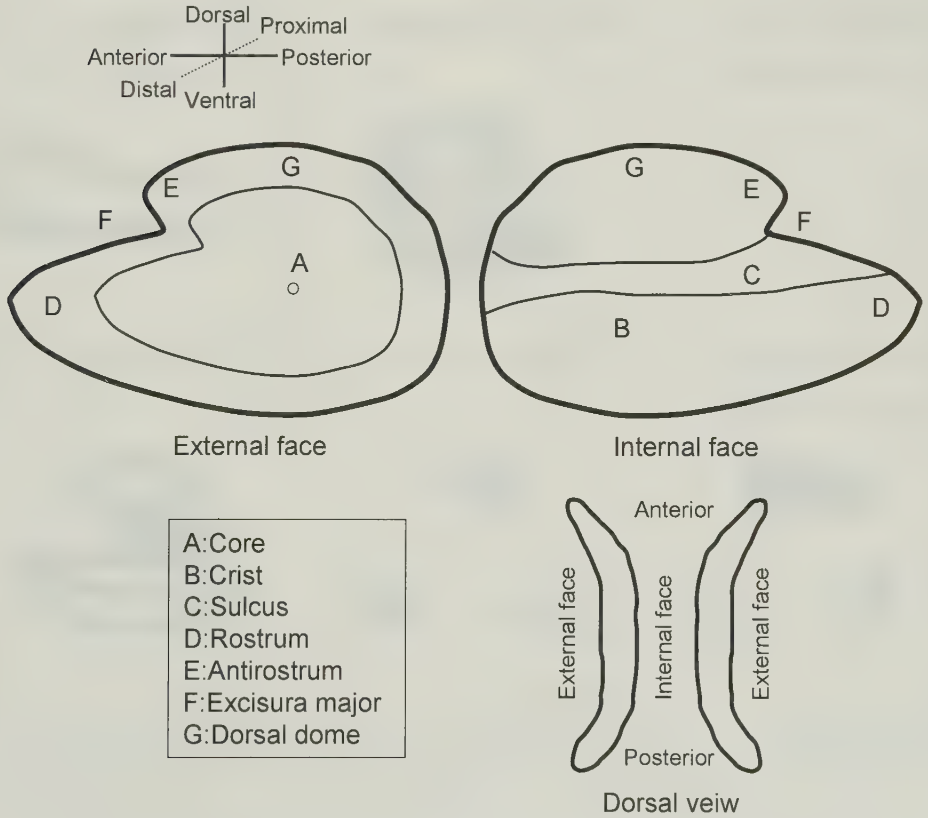


Fig. 1-2. Internal and external faces and dorsal views of a typical left sagitta illustrating the component parts.

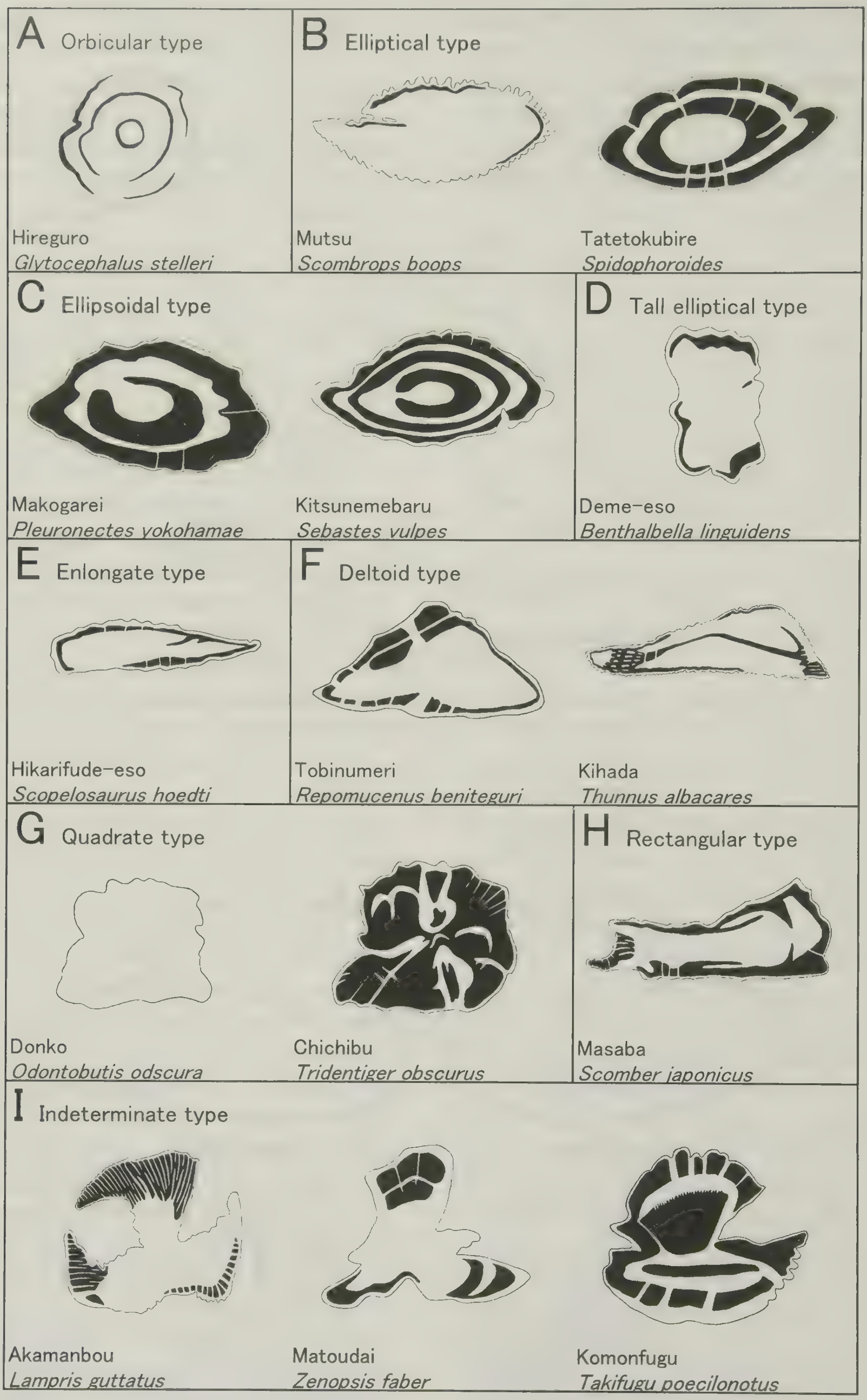


Fig. 1-3. Surface views of otoliths illustrating various types of otolith external form. Translucent parts were drawn black in the otoliths.

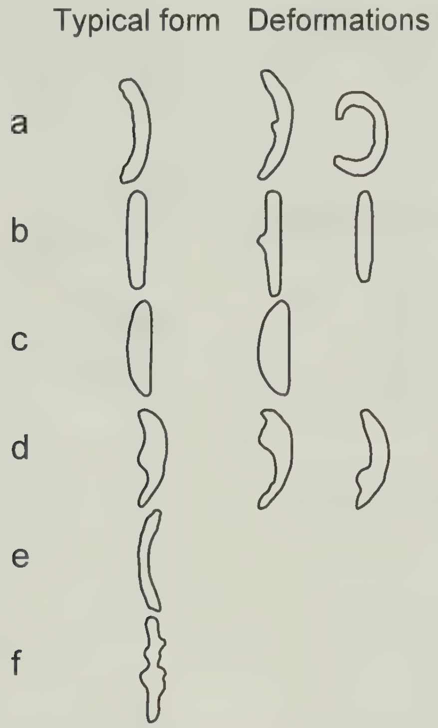


Fig. 1-4. Dorsal veiws of sagitta illustrating the various types of otolith side form (a: Warped type, b: Stake type, c: Half broad linear typed, d: Bump type, e: Back-warped type, f: Indeterminate type).

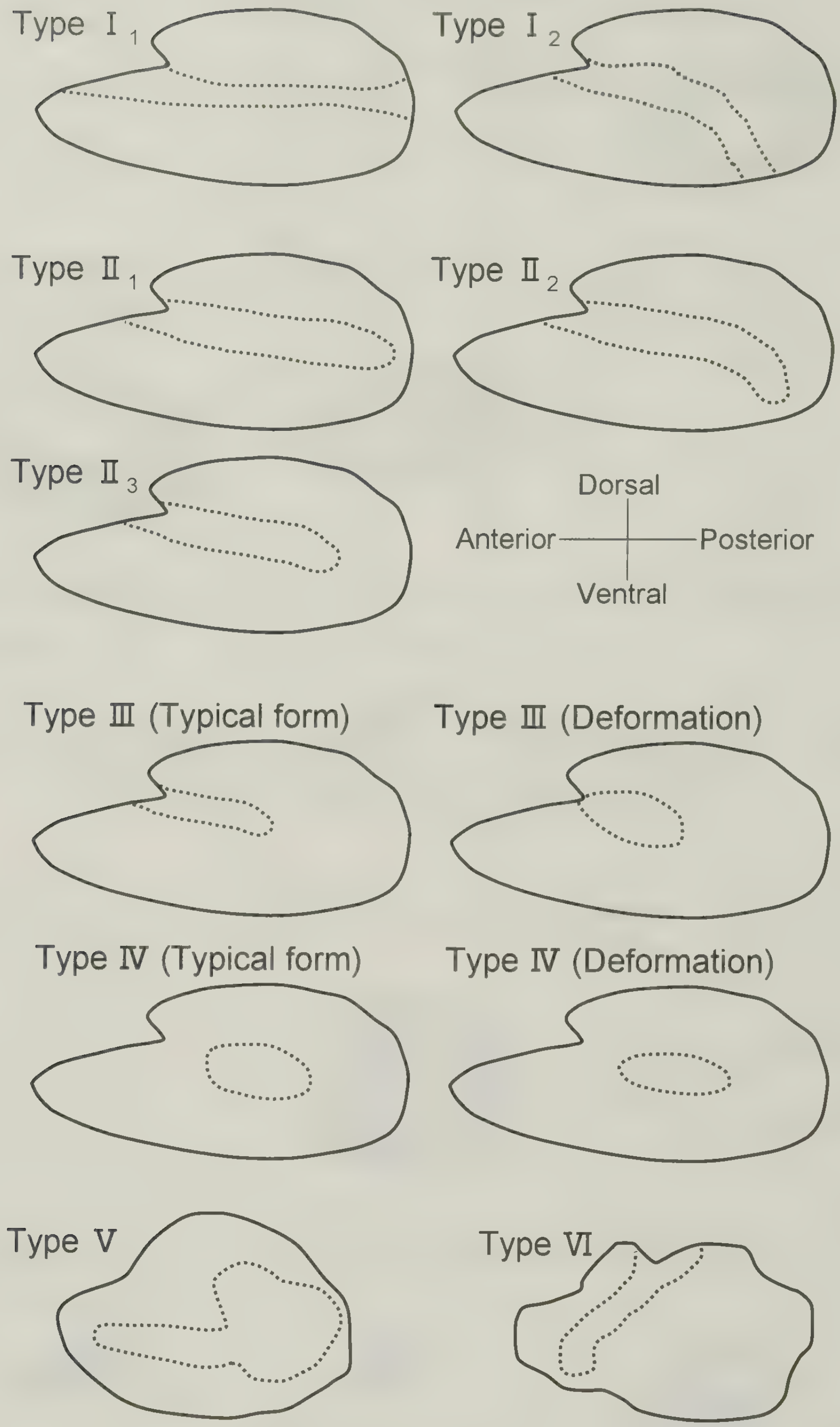


Fig. 1–5. Internal faces of sagitta illustrating the various types of sulcus.

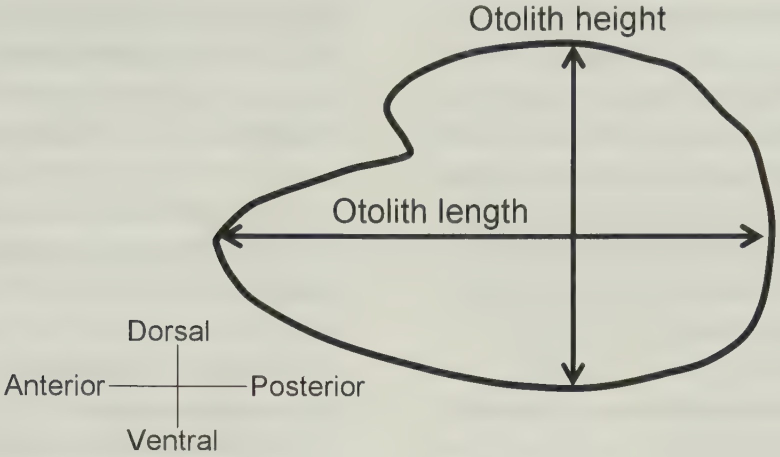


Fig. 1-6. Otolith measurements used in this study. Fig. 1-6. Otolith measurements used in this study.

等,客観性に欠けた曖昧な表現をせざるに得なかった。大きさの基準では相対的数値を用いているが,種の成長や寿命を考慮に入れた絶対的数値による評価も必要と考えられる。このように,幾つかの問題点はあるが,本研究を行うことによって,分類形質の顕在化による種や系群の特定の向上と,対象魚種の分類上の位置,生活型,体形等との関連から,何らかの合理性,法則性を引き出すことに役立つものと考えている。

6.別表:耳石外形の類型化と記号

外形(平面形)の類型

円形型(A型:orbicular type)耳石長比1.20以下

楕円形型(B型:ellipsoidal type)耳石長比1.20~2.00

長楕円形型(C型:elliptical type)耳石長比2.00~3.00

縦長楕円形型(D型:tall elliptical type) 耳石長比約0.80~0.50(耳石長より耳石高が大きい)

広線形型(E型:elongate type)耳石長比3.00以上

三角形型(F型:deltoid type)

正方形型(G型:quadrate type)

長方形型(H型:rectangular type)

不定形型(I型:indeterminate type) A~H型以外の形状(飛鳥型,帆船型等)

側面形の類型

反り状型(a型:warped type)強・弱型あり

棒状型(b型:stake type)

半広線形型(c型:half broad linear type)

突出隆起型(d型:bump type) ニベ型

逆反り状型(e型:back-warped type) 弱型

不定型(f型:indeterminate type) a~e型以外の形状

iv:不明(Invisible,平面型が不定形のため判別困難)

溝の形状の類型

I型:耳石前縁の欠刻部から後縁あるいは下縁の後部に達する

I_1型:ほぼ真直ぐに(あるいは後端が僅かに下方に曲がり)後縁に達する

I_2型:中央から後部で下方に曲がり(あるいは斜め下方かに湾曲して),後縁か下縁の後部に達する

II型:欠刻部から中央(核)後部から後縁付近まで認められる

II_1型:直線状に後縁付近まで認められる

II_2型:耳石後部で(あるいは中央付近から)下方に曲がり,後縁あるいは下縁の後部付近まで認められる

II_3型:中央後部あるいは中央と後縁の中間付近まで認められる

III型:欠刻部から中央付近まで認められる

IV型:欠刻部に関係なしに,楕円形,長楕円形,広線形や不定形で認められる

V型:IV型の特殊な形で,「オタマジャクシ状(ニベ型)」に認められる

VI型:I~V型以外の形状(上,下縁に延びる溝等)

iv:不明(Invisible,溝が浅くて判別困難)

nd:記載漏れ(No data)

第2章　各目魚類の耳石形態の特徴

目毎に，各科に属する魚種について，これまでの耳石形態・年齢研究を概説した上で，表に測定データおよび外形コード，図に平面スケッチと写真および横断面の輪紋像を示し，各魚種の耳石外形の特徴，耳石長比と相対耳石サイズについて説明する（Tables 2-1～2-18, Figs. 2-1～2-40）。なお，各目に属する日本産魚類の科数や種数は，中坊（2000）にしたがった。

1．チョウザメ目（Acipenseriformes）（Table 2-1, Figs. 2-1, 2-2, 2-3）

日本産のチョウザメ目は1科2属3種で，北海道周辺海域，東京湾，相模湾と九州西部海域での漁獲が記録されているが，現在は漁獲の情報がなく，最近では，外来種の属間交雑種が養殖されている。形態研究では，北大西洋のチョウザメ目（チョウザメ科）*Acipenser oxyrhynchus* の凹凸両面の写真画像が提示されている（Campana, 2004）。年齢研究では，チョウザメ科では，薄片法による米国ハドソン川の *Acipenser oxyrinchus*（Stevenson and Secor 1999）に関する報告がある。本研究では *Aciperser* 属と *Macropodus* 属の交雑種が1種（通称ベステル）の耳石を採取した。

1-1．チョウザメ科 Acipenseridae

ベステル（属間交雑種）

外形は不規則な輪郭をした不定形（Ｉ型）で，前角と前上角は発達し，欠刻は明確である。また，前縁部付近に不透明の粒状の隆起等がある。この粒状の隆起は，大西洋のチョウザメ科（*Acipenser oxyrhynchus*）にも認められる（Campana, 2000）。側面形は反り状型（a 型）である。凹面（internal face）には，前縁部付近に粒状の隆起がみられる。溝は明確でないが，欠刻部から斜め上方に延び，上縁と下縁の境付近まで認められる（Ⅵ型）。輪紋は表面観察では不明瞭である。耳石長比（Length：height ration, 耳石長／耳石高）が1.92，相対耳石サイズ（Relative otolith size, 耳石長／体長×1,000）は5.88である。体長が815 mm であるので，耳石長は比較的小さい。

2．ソトイワシ目（Albuliformes）（Table 2-1, Figs. 2-1, 2-2, 2-3）

日本産のソトイワシ目は2科2種知られているが，練製品の材料として利用されているギス科のギス，食用として利用されているソトイワシ以外は希少種である。形態研究では，日本産ソトイワシ科2種の外形，溝の形状の特徴に関する報告がある（Ohe, 1985）。また，北大西洋のソトイワシ目4種（Campana, 2004），南アフリカ周辺海域のソトイワシ目3種（Malcolm *et al.*, 1995）の写真画像が提示されている。年齢研究では，ソトイワシ科では，薄片法による南フロリダとカリフォルニア湾の *Albula vulpes* と *Albula* sp に関する報告がある（Crabtree *et al.*, 1996, Pfeiler *et al.*, 2000）。本研究ではギス科のギス1種から耳石を採取した。

2-1．ギス科 Pterothrissidae

ギス *Pterothrissus gissu*

外形は上縁部が緩やかに凹んでいる楕円形（B 型）で，前上角は全く発達せず，欠刻は認められない。側面形は半広線形型（c 型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は浅いが，前部が頭，後部が尻尾の「オタマジャクシ（ニベ型）」に似た特徴的な形状を示している（V 型）。輪紋は，表面観察では不明確である。耳石長比は1.80，相対耳石サイズは26.64である。

3．ソコギス目（Notacanthiformes）（Table 2-1, Figs. 2-1, 2-2, 2-3）

日本産ソコギス目には，3科6種の魚種が知られている。ソコギス目魚類は有用種ではなく，殆どが深海性の希少種であるので，研究対象にはなり難い。形態研究では，静岡県掛川市のソコギス科に関する報告（大江，1983），南アフリカ周辺海域のソコギス目3種（Malcolm *et al.*, 1995）に関する報告があるが，年齢研究は見当たらない。本研究ではソコギス科2種の耳石を採取した。

3-1．ソコギス科 Notacanthidae

クロソコギス *Notacanthus chemnitzi*

外形は円形（A 型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は棒状型（b 型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は短く，欠刻部から中央付近まで認められる（Ⅲ型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

キツネソコギス *N. abbotti*

外形は円形（A 型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は棒状型（b 型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。近縁のクロソコギスとの明瞭な差異はない。溝は短く，欠刻部から中央付近まで認められる（Ⅲ型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

耳石長比は，クロソコギスが1.10，キツネソコギスは1.15で，相対耳石サイズは，クロソコギスが3.36,

キツネソコギスは3.00である。耳石長比と相対耳石サイズの数値は小さく，両種に相違は認められない。

4．ウナギ目（Anguilliformes）（Table 2-1, Figs. 2-1, 2-2, 2-3）

日本産ウナギ目の魚類は，17科161種が知られる。ウナギ目魚類は16科に分類されているが，そのうちウナギ科とアナゴ科は産業上の重要魚類であるので，生態と資源解明を目的とした年齢・成長研究が比較的多い。ウナギ目魚類の輪紋読み取りは，耳石表面の輪相が不明瞭であるので，殆どの研究が研磨法，Burnt and crack 法や耳石断面の薄片法で行われている。ここでは，ウナギ目魚類の耳石の形態，年齢研究に関するこれまでの知見を，科と種毎にまとめて述べる。

形態研究では，西部日本産アナゴ科13種の外形，側面形と溝の形状の特徴（高井，1959），日本産ウナギ目魚類のウナギ科1種，アナゴ科6種，ハモ科2種，ウツボ科3種，ウミヘビ科5種の外形，側面形，溝の形状等の特徴（Ohe, 1985）に関する報告がある。また北西大西洋のウナギ科1種，ヘラアナゴ科2種，シギウナギ科1種，クズアナゴ科1種，ノコバウナギ科1種，ホラアナゴ科3種について写真画像が提示されている（Campana, 2004）。さらに，南アフリカ周辺海域の Xenocongridae 科1種，ウツボ科5種，シギウナギ科3種，ホラアナゴ科4種，ウミヘビ科2種，クズアナゴ科1種，アナゴ科10種，ヘラアナゴ科1種，ノコバウナギ科2種について，写真画像とともに詳細な記載とデータが示されている（Malcolm *et al.*, 1995）。アナゴ科では瀬戸内海のマアナゴ，ハモ科ではハモとスズハモの外形と溝の形状の特徴（松島，1958，高井ら，1954），ウツボ科ではウツボ属の溝の特徴（Popper, 1979），希少魚種では，大西洋サルガッソー海域のシギウナギ科魚類2種，ノコバウナギ科3種，フクロウナギ科魚類1種では，耳石外形と溝の形状の特徴（Hecht and Appelbaum, 1982）に関する研究報告がある。耳石化石の研究では，ドイツ北部のウツボ科，メキシコ湾沿岸部，静岡県掛川市，神奈川県北部のアナゴ科に関する報告がある（Campbell, 1929, Frizzell and Dante, 1965, 大江，1983, 1991）。また，日本近海のクジラ類の胃内容物の耳石にアナゴ科が出現している（Fitch and Broenell, 1968）。

年齢研究では，ウナギ科の研究が最も多く，ヨーロッパ，アメリカ，ニュージーランド，中国，日本等の生息種について，Japanese eel（*Anguilla japonica*），Ameirican eel（*Anguilla rostrata*），European eel（*Anguilla anguilla*），Longfinned eel（*Anguilla dieffenbachia*），Shortfinned eel（*Anguilla australis*）等，ウナギ属（*Anguilla*）に関する報告が多い（Berg, 1985, Boëtius, 1985, Chisnall, 1989, Chisnall and Hayes, 1991, Chisnall and Hicks, 1993, Chisnall and Kalish, 1993, Gray and Andrews, 1971, Guan *et al.*, 1994, Jellyman, 1977, 1979, Moriarty, 1983, Ogden, 1970, Panfili and Ximenes, 1992, Poole and Reynolds, 1996, Smith. 1968, Svedäng *et al.*, 1998, Todd, 1980, Tzeng *et al.*, 1994, Vψllestad，1985，吉川，1995ab）。ホラアナゴ科では，東北海域のイラコアナゴ（岩崎ら，2003），アナゴ科では，東北海域，瀬戸内海のマアナゴに関する研究報告がある（後藤，2000，Katayama *et al.*, 2002，窪田，1961，松井，1952，Okada and Suzuki，1958，篠原ら，1999）。ハモ科では，東シナ海・黄海・瀬戸内海のハモとスズハモに関する研究報告がある（三尾，1974，三尾ら，1975，大滝，1961ab，1964，大滝ら，1954，上田ら，1992）。

ウナギ目では，ウナギ科，ホラアナゴ科，アナゴ科とハモ科は有用種で，底びき網や雑漁具で比較的容易に採集できるが，その他の魚種は非食用であること，分布，行動生態等が明らかでないことから採集は困難である。とくに，深海性のフウセンウナギ亜目魚類（セムシウナギ科・フクロウナギ科・タンガクウナギ科）は希少種であるので，めったに採集されることはない。本研究では，ウナギ科が1種，ウツボ科が1種，ホラアナゴ科が4種，ウミヘビ科が2種，アナゴ科が8種，ハモ科が2種，クズアナゴ科が1種の計19種から耳石を採取した。

4-1．ウナギ科 Anguillidae

ウナギ *Anguilla japonica*

外形は楕円形（B型）で，前角はやや発達するが，前上角が発達せず，欠刻はやや不明確である。側面形は反り状型（a型）である。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐ後縁まで達し，後端は幅広い（I_1型）。輪紋は，耳石表面では不明瞭であるが，Burnt and Crack 法等で年齢査定が可能である。

4-2．ウツボ科 Muraenidae

アミウツボ *Gymnothorax minor*

外形はウナギと同様な楕円形（B型）で，前角と前上角が発達せず，欠刻は不明確である。側面形は反り状型（a型）である。凹面には，弱い隆起が後部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（II_1型）。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

4-3．ホラアナゴ科 Synaphobranchidae

コンゴウアナゴ *Simenchelys parasiticus*

外形は丸みがかった楕円形（B 型）で，前上角は発達しないが，前角がやや発達し，欠刻がやや明確であることが特徴的である。側面形は半広線形型（c 型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は浅く短く，欠刻部から中央付近まで認められる（Ⅲ型）。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

リュウキュウホラアナゴ *Ilyophis brunneus*

外形は楕円形（B 型）で，前角はやや発達するが，前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は半広線形型（c 型）である。溝は浅く，不明確であるが，中央部付近にほぼ楕円状に認められる（Ⅳ型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

ホラアナゴ *Synaphobranchus affinis*

外形は楕円形（B 型）で，前角はやや発達するが，前上角は発達せず，欠刻はやや不明確である。側面形は棒状型（b 型）である。溝の形状は不明である。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

イラコアナゴ *Synaphobranchus kaupii*

外形は楕円形（B 型）で，前角はやや発達するが，前上角が発達せず，欠刻はやや不明確である。側面形は棒状型（b 型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（$Ⅱ_1$ 型）。輪紋は，表面観察では不明瞭であるが，耳石薄片の表面をきれいに研磨すると，全体的に不透明な中に細い透明帯を観察することができる。Burnt otolith UV 観察法は適さない。

4-4．ウミヘビ科 Ophichthidae

ホタテウミヘビ *Pisodonophis zohistius*

外形は楕円形（B 型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は棒状型（b 型）で厚みがある。溝は中央部付近にほぼ楕円形に認められる（Ⅳ型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

ヒレアナゴ *Echelus uropteus*

外形は楕円形（B 型）で，前角はやや発達するが，前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は反り状型（a 型）である。溝の形状は不明である。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

4-5．アナゴ科 Congridae

ゴテンアナゴ *Ariosoma meeki*

外形はやや丸みがかった楕円形（B 型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は半広線形型（c 型）である。凹面には，肥厚状の隆起がみられる。溝は後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められる（$Ⅱ_3$ 型）。輪紋は，表面観察では不明瞭で，透明部分は半透明状である。

シロアナゴ *Ariosoma shiroanago*

外形はゴテンアナゴによく似た楕円形（B 型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は半広線形型（c 型）である。凹面には，肥厚状の隆起がみられる。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（$Ⅱ_1$ 型）。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

オキアナゴ *Congriscus megastomus*

外形は楕円形（B 型）で，前角はやや発達するが，前上角が発達せず，欠刻は不明確である。側面形，隆起と溝は不明である。輪紋は，表面観察でやや不明瞭である。

マアナゴ *Conger myriaster*

外形は長楕円形（C 型）で，前角がやや発達するが，前上角は発達せず，欠刻はやや明確である。側面形は弱い反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は短く，欠刻部から中央付近まで認められる（Ⅲ型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭であるが，Burnt otolith UV 観察法によって，耳石横断面に明瞭な年輪構造が観察される。

クロアナゴ *C. japonicus*

外形はマアナゴによく似た長楕円形（C 型）で，前角は発達するが，前上角が発達せず，欠刻はやや不明確である。後端の凹凸が特徴的で，近縁のマアナゴと異なる形質である。側面形は弱い反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は欠刻部から中央付近まで認められる（Ⅲ型）。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

ギンアナゴ *Gnathophis nystromi nystromi*

外形は丸みがかった楕円形（B 型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は棒状型（b 型）である。凹面には，肥厚状の隆起がみられる。溝は欠刻部から後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められる（$Ⅱ_3$ 型）。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

ヒモアナゴ *Acromycter nezumi*

外形は不定形に近い楕円形（B 型）で，前角はやや発達するが，前上角が発達せず，欠刻は不明確である。側面形は半広線形型（c 型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は中央部にほぼ広線形状に認められる（Ⅳ型）。輪紋は，表面観察ではやや不明瞭で，透明部分は半透明状である。

ツマグロアナゴ *Bathycongrus retrotincta*

外形は凹凸の多い楕円形（B 型）で，前角と前上角

はやや発達し，欠刻はやや明確である。側面形は半広線形型（c 型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められる（II_3型）。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

4-6．ハモ科 Muraenesocidae

ハモ *Muraenesox cimereus*

外形はやや長めの楕円形（B 型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は弱い反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝の形状は不明である。輪紋は，表面観察でやや明瞭であるが，凹凸面の研磨でより明瞭となり，年齢査定が可能である。

スズハモ *Muraenesox bagio*

外形はやや短めの長楕円形（C 型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は棒状型（b 型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は近縁のハモより明瞭で，欠刻部から後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められる（II_3型）。輪紋は，表面観察ではハモと同様に，やや明瞭であるが，凹凸面の研磨でより明瞭となり，年齢査定が行われている。

4-7．クズアナゴ科 Nettastomatidae

クズアナゴ *Nettastoma parviceps*

外形は楕円形（B 型）で，前角はやや発達するが，前上角が発達せず，欠刻はやや不明確である。側面形は棒状型（b 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（II_1型）。輪紋は，表面観察ではやや不明瞭である。

耳石長比および耳石相対サイズを種間で比較する。耳石長比の範囲は1.24～2.24で，アナゴ科のクロアナゴが最も大きく，ホラアナゴ科のコンゴウアナゴとアナゴ科のギンアナゴが最も小さい。耳石長比と体長との関係をみると，アナゴ科のマアナゴでは，小さい体長のものが若干大きいが，全体的には2.0～2.6の範囲で殆ど変わらない。魚種間の比較では，殆どが1.2～1.8（楕円形型）内にあり，1.2以下（円形型）は出現せず，2以上（長楕円型）のものはマアナゴ，クロアナゴ，スズハモで，いずれもウナギ目魚類の中では大型の魚種である。

相対耳石サイズは2.82～33.12で，アナゴ科のオキアナゴが最も大きく，ハモ科のハモが最も小さい。アナゴ科のマアナゴは，体長1,000 mm 以上の超大型魚の値は小さいが，300～800 mm の範囲では殆ど変わらない。魚種間で比較すると，魚種によって大きな差が認められ，アナゴ科のオキアナゴ，ヒモアナゴとギンアナゴが大きく，ウミヘビ科のホタテウミヘビ，ウナギ科のウナギ，ハモ科のハモ，スズハモ，ホラアナゴ科のイラコアナゴ，ホラアナゴとリュウキュウホラアナゴが小さく，これらは科の特徴であると推察される。また，相対耳石サイズが20以上の魚種は，全長が400 mm 以下であり，体長の小さな魚種ほど相対的に耳石長が大きい傾向が認められる。

ウナギ目の耳石形態の特徴を要約すると，外形は楕円形（B 型）主体，長楕円形（C 型）で，欠刻は，大部分が不明確である。側面形はやや弱い反り状型（A 型），棒状型（B 型）と半広線形型（C 型）で，アナゴ科のゴテンアナゴ，シロアナゴとギンアナゴには，凹面に肥厚状の隆起がみられる。溝は，全体的に浅く，明確ではないが，II型（II_1型とII_3型）が主体で，III型，IV型とI型が現れる。これらの組み合わせコードでは，B-b-II（II_1, II_3）型と B-c-II（II_1, II_3）型が若干多い程度で，目を代表するような組み合わせは認められない。耳石長比は1.24～2.24で，殆どが1.2～1.8の間にある。マアナゴとクロアナゴの耳石長比が大きく，平面形は細長い。相対耳石サイズは3～33であり，魚種による差が著しい。オキアナゴ，ヒモアナゴとギンアナゴのアナゴ科が大きく，ウナギ，ホラアナゴとウミヘビ科が小さい。全体的には，体長の小さい魚種ほど値が大きくなる傾向がある。耳石形態から種の判別は困難であるが，溝，隆起，と相対耳石サイズの複合要因から一部の科魚類については，判別が可能と考えられる。

5．ニシン目（Clupeiformes）（Table 2-2, Figs. 2-1, 2-4, 2-5）

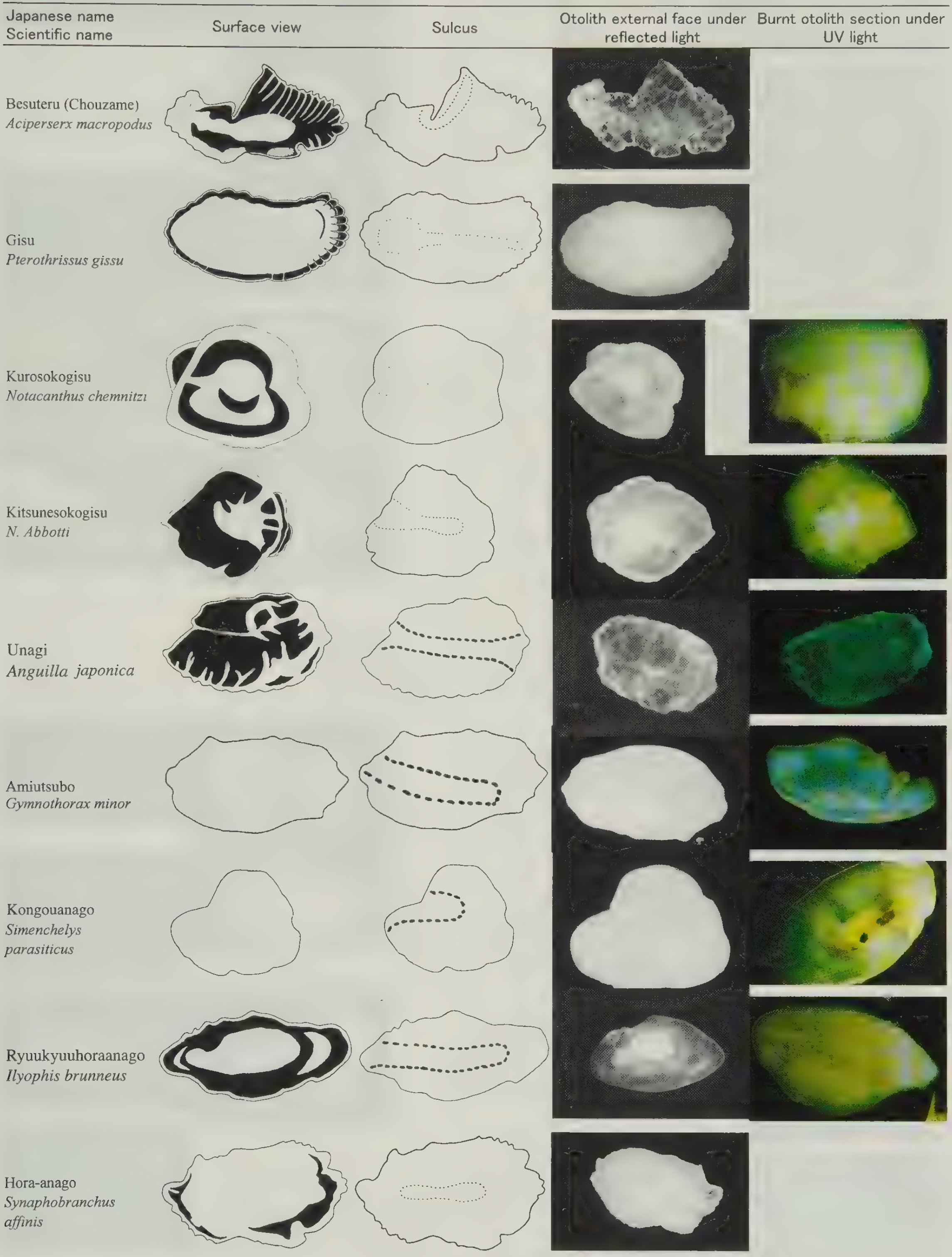
日本産のニシン目魚類は3科27種が知られてる。ニシン科（Clupeidae）とカタクチイワシ科（Engraulidae）に有用魚類が多いので，生態，資源解析を目的に，耳石や鱗の形状，輪紋等の性状特徴から系群識別や年齢に関する研究が早くから行われている。しかし国内では，ニシン科の系群研究には主として脊椎骨数が用いられ，また年齢研究では鱗に現れる輪紋の読み取りの容易性と正確性から鱗が使用されていたので，耳石による研究は少ない。一方，国外では，耳石形態の解析は北欧海域におけるニシン科魚類の資源研究において，系群識別の主要な手法であり，耳石外形，輪紋，核の領域等が識別の要因になっている。また，ニシン科魚類を中心に，耳石の表，断面に現れる輪紋の読み取りから年齢査定が行われている。

形態研究では，国内では瀬戸内海のマイワシの外形，

Table 2-1. Sample list used for otolith mesurement (Acipenseriformes, Elopiforms, Angulliformes)

Family	Japanese name	Scientific name	Abbre-viation	Size category	Sampling locality	Sample size	Mean total length	Range	Otolith length (mm)	Otolith width (mm)	Otolith area index	Length: height ratio	Relative otolith size	Code of external-side-sulcus forms		
Acipenseridae																
	Besuteru (Chouzame)	*Aciperserx macropodus*	Ac			1	815	815	4.80	2.50	1.47	1.92	5.88	I	a	VI
Pterothrissidae																
	Gisu	*Pterothrissus gissu*	Pg			6	353	288-405	9.37	5.22	13.86	1.80	26.64	B	c	V
Notacanthidae																
	Kurosokogisu	*Notacanthus chemnitzi*	Nc			3	510	410-601	1.73	1.58	0.54	1.10	3.86	A	b	III
	Kitsunesokogisu	*N. Abbotti*	Na			2	583	500-665	1.72	1.50	0.44	1.15	3.00	A	b	III
Anguillidae																
	Unagi	*Anguilla japonica*	Aj-C	Cultured		12	548	510-601	2.18	1.33	0.53	1.65	3.97	B	a	I
			Aj-W	Wild		3	512	480-543	2.29	1.42	0.64	1.62	4.44			
Muraenidae																
	Amiutsubo	*Gymnothorax minor*	Gm			2	519	506—531	4.03	2.33	1.81	1.74	7.86	B	a	II_1
Synaphobranchidae																
	Kongouanago	*Simenchelys parasiticus*	Sp			1	447	447	5.10	4.10	4.68	1.24	11.40	B	c	III
	Ryuukyuuhora-anago	*Ilyophis brunneus*	Ib			1	320	320	1.67	1.07	0.56	1.56	5.21	B	c	IV
	Horaanago	*Synaphobranchus affinis*	Sa			2	803	794—808	3.21	2.30	0.92	1.49	3.99	B	b	IV
	Irakoanago	*Synaphobranchus kaupii*	Sk			2	615	475—754	3.22	2.10	1.10	1.53	5.45	B	b	II_1
Ophichthidae																
	Hotateumihebi	*Pisodonophis zohistius*	Pz			1	692	692	2.25	1.25	0.41	1.80	3.25	B	b	IV
	Hireanago	*Echelus uropteus*	Ec			1	506	506	4.85	2.85	2.73	1.70	9.58	B	a	IV
Congridae																
	Gotenanago	*Ariosoma meeki*	Am			11	362	273—409	8.44	5.82	13.57	1.45	23.28	B	c	II_3
	Siroanago	*Ariosoma shiroanago*	As			1	466	466	4.90	3.35	3.52	1.46	10.51	B	c	II_1
	Okianago	*Congriscus megastomus*	Cg			2	240	240	7.95	5.50	18.22	1.45	33.12	B	nd	nd
	Ma-anago	*Conger myriaster*	Cm	Small	Hachinohe	23	368	318-476	4.54	2.10	2.59	2.17	12.26	C	a	III
			Cm	Large	Hachinohe	20	575	523-708	5.96	2.60	2.69	2.18	9.94			
			Cm	Large	Onagawa	17	563	381-844	6.39	2.91	3.30	2.21	11.47			
			Cm	Extra-large	Onagawa	3	1242	1208-1268	11.17	5.17	4.65	2.16	8.99			
			Cm	Large	Tsushima	5	571	373-758	6.50	2.70	3.07	2.40	11.67			
	Kuroanago	*Conger japonicus*	Cj			1	971	971	11.20	5.00	5.77	2.24	11.53	C	a	III
	Ginanago	*Gnathophis nystromi*	Gn			5	369	347—389	7.81	6.29	13.31	1.24	21.15	B	b	II_3
	Himoanago	*Acromycter nezumi*	An			3	326	317—341	4.43	2.90	3.94	1.53	13.58	B	c	IV
	Tsumaguroanago	*Bathycongrus retrotincta*	Br			3	486	451—536	4.55	2.65	2.48	1.72	9.39	B	b	II_3
Muraenesocidae																
	Hamo	*Muraenesox cimereus*	Mc	Small		1	404	404	1.14	0.62	0.17	1.84	2.82	B	a	II_3
			Mc	Large		1	1048	1048	10.80	5.95	6.13	1.82	10.31			
	Suzuhamo	*Muraenesox bagio*	Mb			1	1398	1398	10.40	5.10	3.79	2.04	7.43	C	b	II_3
Nettastomatidae																
	Kuzuanago	*Nettastoma parviceps*	Np			1	460	460	2.03	1.10	0.49	1.85	4.41	B	b	II_1

Fig. 2-1. Illustrations of otolith external form and sulcus, and photographs of otolith external face under reflected light and burnt otolith section under UV light (Acipenseriformes, Elopiforms, Angulliformes).



Irakoanago
Synaphobranchus kaupii

Hotateumihebi
Pisodonophis zohistius

Hireanago
Echelus uropteus

Goten-anago
Ariosoma meeki

Shiroanago
Ariosoma shiroanago

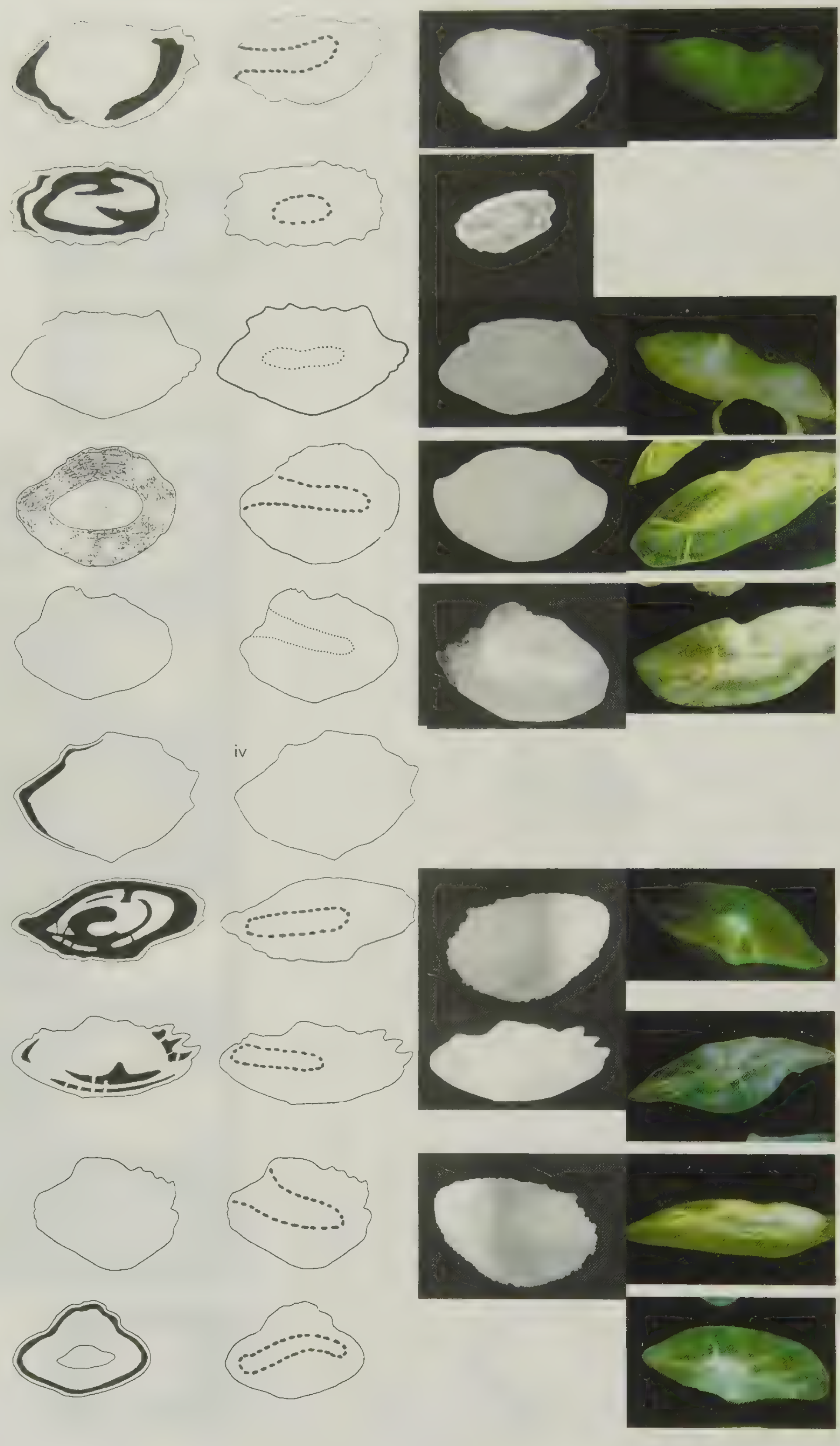
Okianago
Congriscus megastomus

Ma-anago
Conger myriaster

Kuroanago
Conger japonicus

Gin-anago
Gnathophis nystromi

Himoanago
Acromycter nezumi



Tsumaguroanago
Bathycongrus retrotincta

Hamo
Muraenesox cimereus

Suzuhamo
Muraenesox bagio

Kuzuanago
Nettastoma parviceps

Urumeiwashi
Etrumeus teres

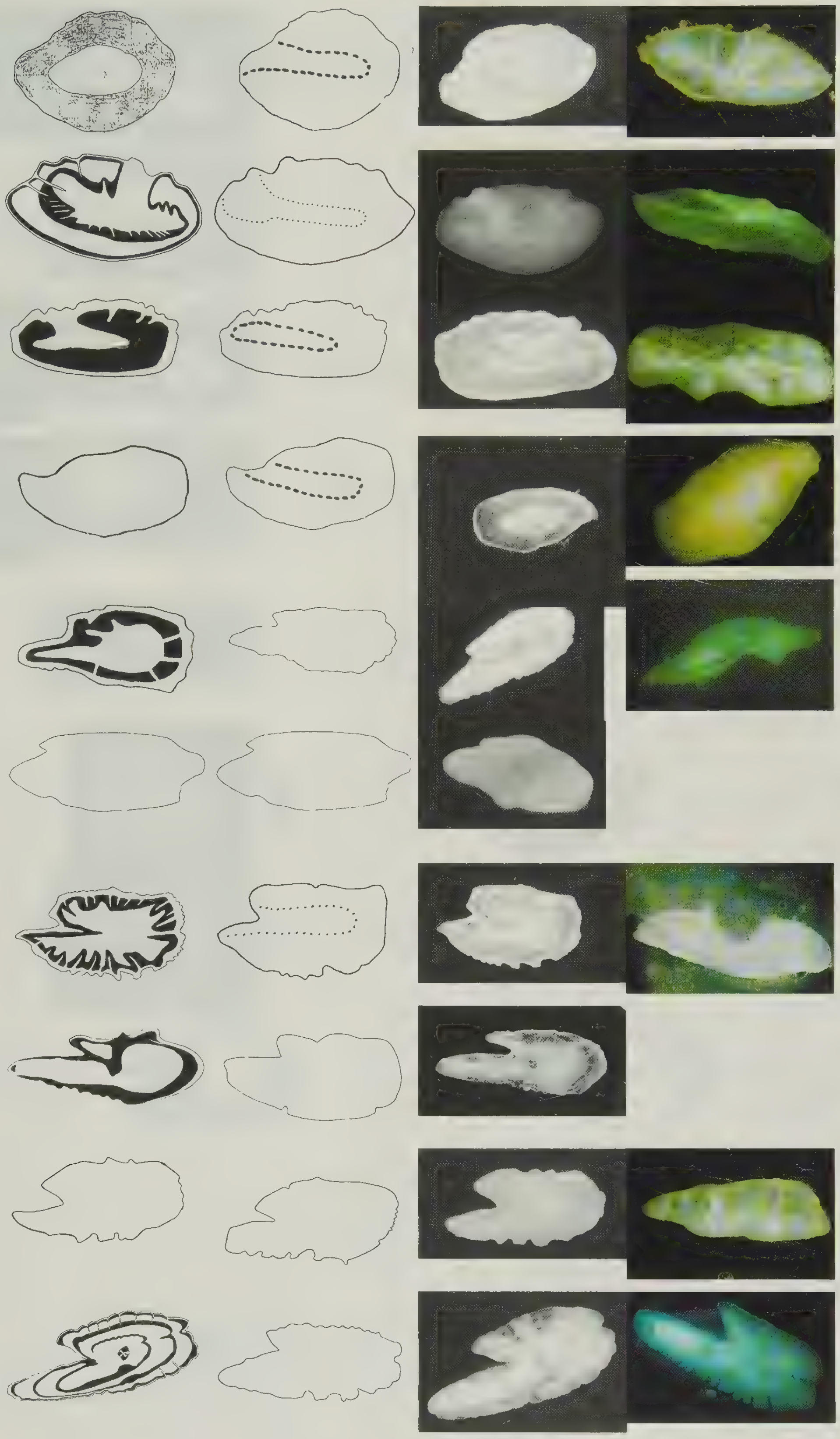
Kibinago
Sparatelloides gracilis

Hira
Ilisha elongata

Maiwashi
Sardinops melanostictus

Sappa
Sardinella zumasi

Nishin
Clupea pallasii



Konoshiro
Konosirus punctatus

Etsu
Coilia nasus

Katakuchi-iwashi
Engraulis japonicus

Sabahii
Chanos chanos

Koi
Cyprinus carpio
Sagitta

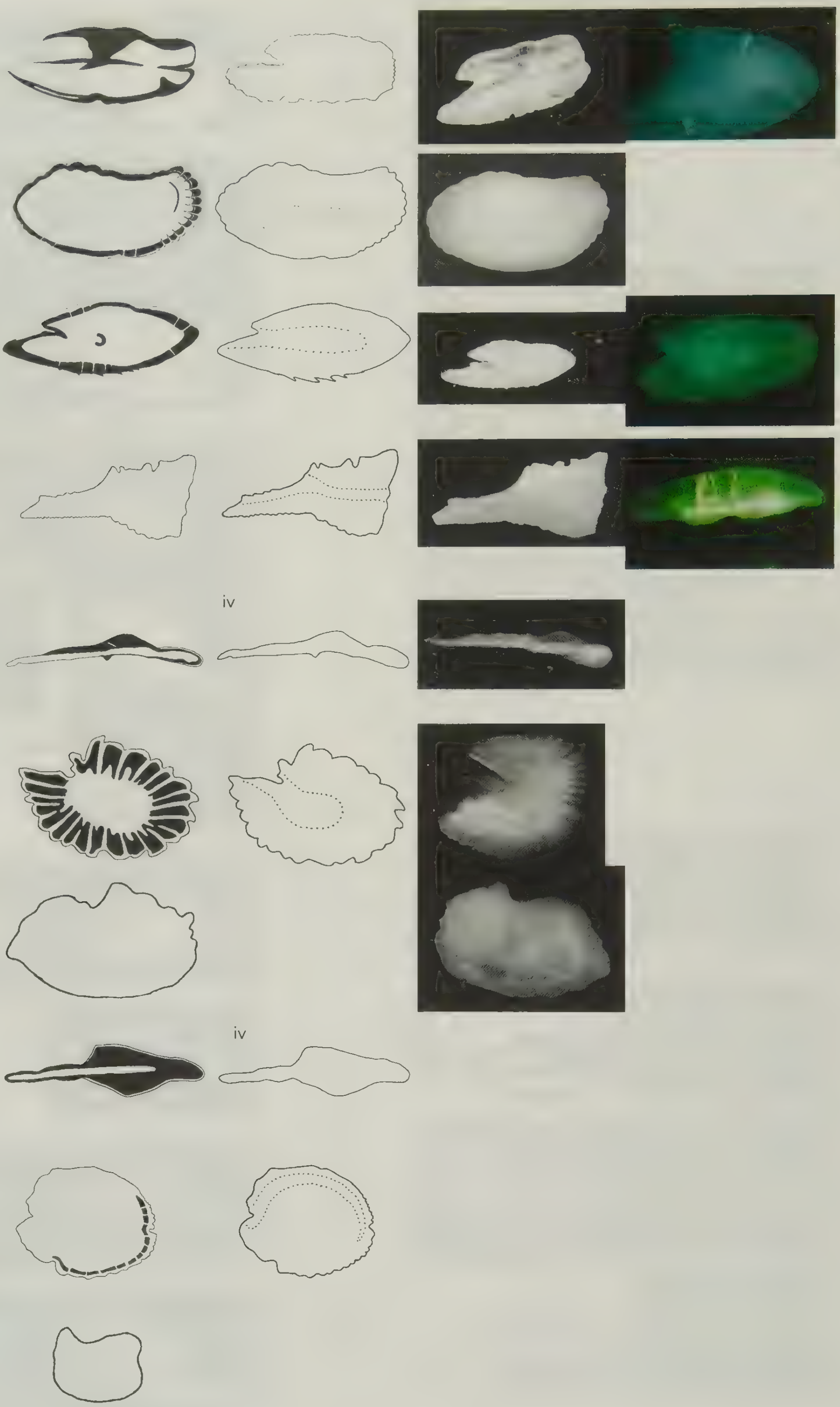
Koi
Cyprinus carpio
Astreriscus

Koi
Cyprinus carpio
Lapillus

Kingyo
Carassius carassius auratus
Sagitta

Kingyo
Carassius carassius auratus
Astreriscus

Kingyo
Carassius carassius auratus
Lapillus



Gengoroubuna
Carassius cuvieri
Astreriscus

Gengoroubuna
Carassius cuvieri
Lapillus

Ginbuna
C. auratus langsdorfii
Astreriscus

Ginbuna
C. auratus langsdorfii
Lapillus

Tanago
Acheilog mathus melanogaster
Astreriscus

Tanago
Acheilog mathus melanogaster
Lapillus

Tairikubaratanago
Rhodeus ocellatus ocellatus
Astreriscus

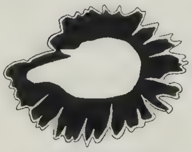
Tairikubaratanago
Rhodeus ocellatus ocellatus
Lapillus

Hasu
Opsarichthys uncirostris uncirostris
Lapillus

Oikawa
Zacco platypus
Astreriscus

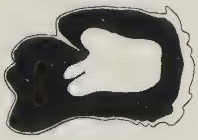
Oikawa
Zacco platypus
Lapillus

Ugui
Tribolodon hakonensis
Astreriscus



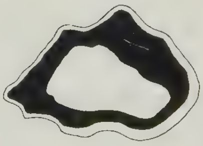
Ugui
Tribolodon hakonensis
Lapillus

Motsugo
Pseudorasbora parva
Astreriscus



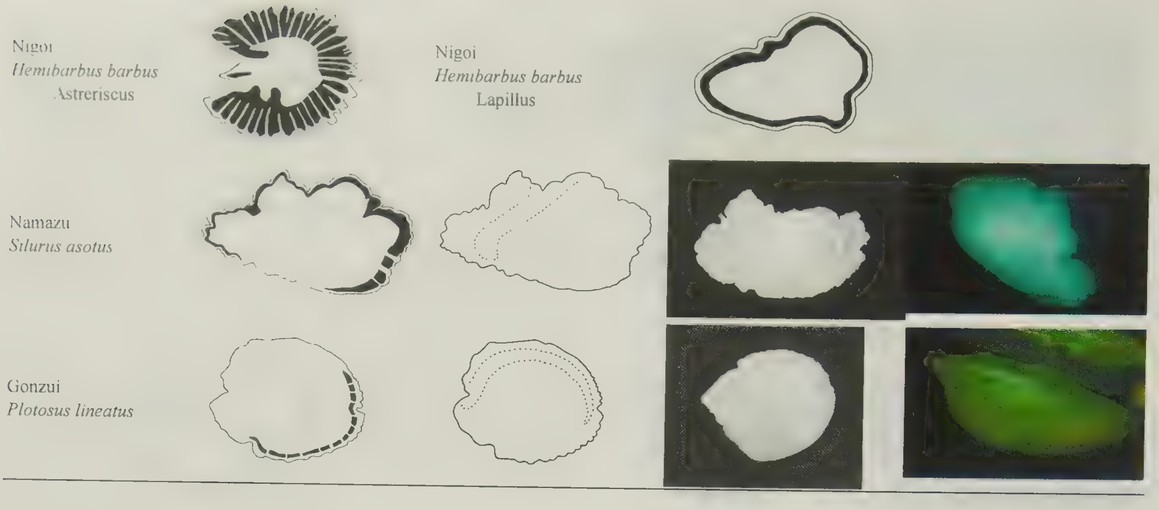
Motsugo
Pseudorasbora parva
Lapillus

Tamoroko
Gnathpogon elongatus elongates
Lapillus



iv

Nigoi
Hemibarbus barbus
Sagitta



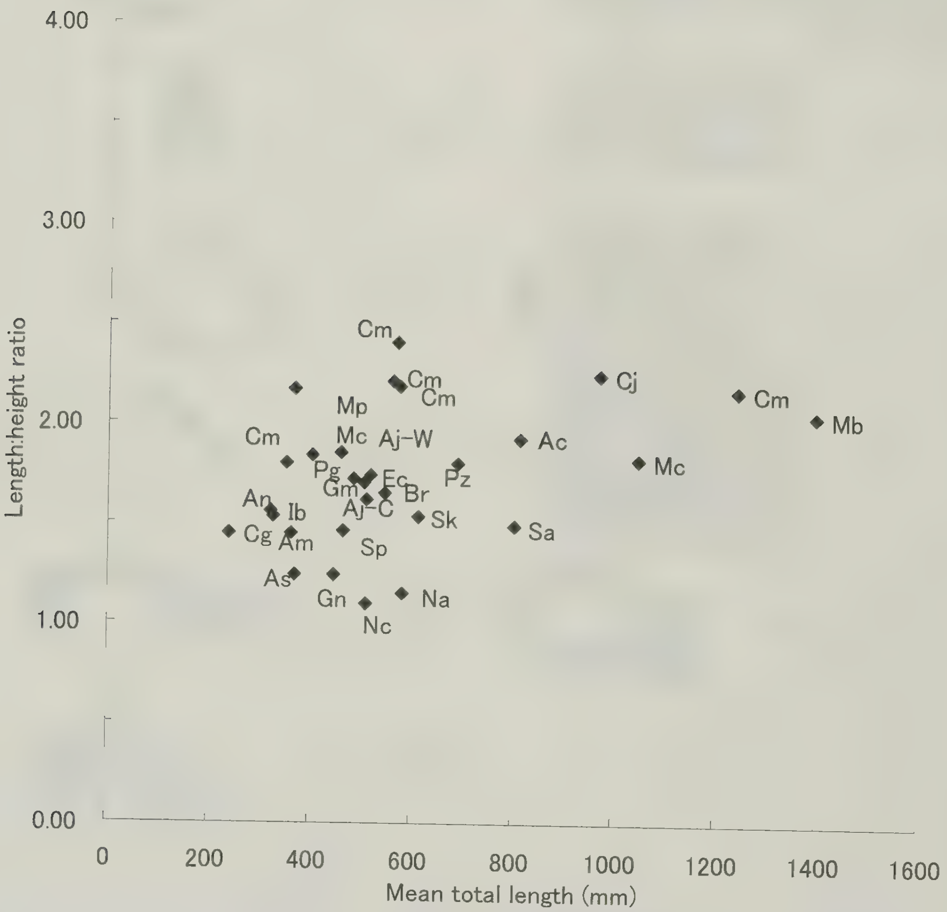


Fig. 2-2. Relation of otolith length:height ratio (otolith length/height) to total body length of Acipenseriformes, Elopiforms, Angulliformes fishes. Abbreviations see table 2-1.

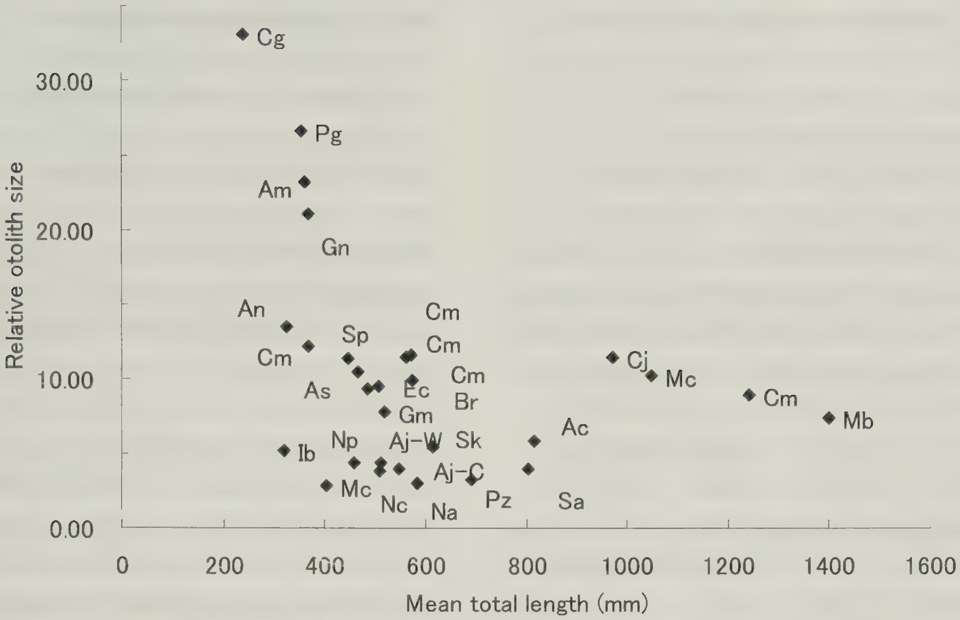


Fig. 2-3. Relation of otolith size index (otolith length*1000/total length) to total length of Acipenseriformes, Elopiforms, Angulliformes fishes. Abbreviations see table 2-1.

溝の形状等の特徴（松島 1958），日本産ニシン科７種，カタクチイワシ科３種の外形，側面形と溝の形状等の特徴（Ohe 1985）に関する報告があるにすぎない。国外ではアイスランド近海，南西アイルランド海域，北海，英国沿岸，カナダのセントローレンス湾のニシン属（Clupea）の外形，核，輪紋等の特徴から，系群判別を目的とした研究が行われている（Einarsson, 1951, Parrish and Sharman, 1958, 1959, Postuma and Zijlstra, 1958, Raitt, 1961ab, Wood and Foster, 1966, Messieh, 1969, 1972, Postuma, 1974, Bird *et al.*, 1986）。形態特徴に関する研究では，北海のタイセイヨウニシン（*Clupea harengus harengus*）の耳石各部の特徴と名称の記載，稚幼魚の外形と核域の変化に関する報告がある（Fryd, 1901, Messieh, 1975）。その他の属では，リビア近海のサッパ属（Sardinella）の耳石の輪相に関する研究，アローサ属では，外形の特徴による比較研究がある（Pawson and Giama, 1985, Price, 1978）。北西大西洋のニシン科４属６種については，耳石の凹凸両面の写真画像が提示されている（Campana, 2004）。さらに，南アフリカ周辺海域のニシン科11種，カタクチイワシ科３種，オキイワシ科１種について，写真画像とともに詳細な形態の記載とデータが示されている（Malcolm *et al.*, 1995）。異常耳石の研究では，ニューファンドランド海域のタイセイヨウニシン，カリフォルニア海域のカタクチイワシ属（Engraulis）に関する報告がある（Hourston, 1968, Spratt, 1976）。耳石化石の研究では，米国カリフォルニア沿岸部のニシン属，マイワシ属（Sardinops）とカタクチイワシ属（Fitch, 1964, 1966, 1967ab, 1968），静岡県掛川市のカタクチイワシ属（大江，1983）に関する報告がある。また，ニシン，マイワシ，カタクチイワシ等のニシン目魚類はマグロ類，イルカ，オットセイ，アシカ等の大型魚類や海生哺乳類の重要な餌生物になっている。これらの魚食性生物の胃内容物には，耳石のみが残存する場合が多いので，耳石形態による魚種識別は単にニシン目に限らず，食性研究の精度向上につながる有効な手法となる（Pinkas *et al.*, 1971, Antonelis, Jr. *et al.*, 1984, Silva and Neilson, 1985, Murie and Lavigne, 1986, Dellinger and Trillmich, 1988, McKinnon, 1994, Tollit *et al.*, 1997）。

年齢研究では，ニシン科魚類の鱗の輪紋が耳石の輪紋に比べ明瞭であり，しかも査定時の処理と輪紋読み取りが比較的容易であるので，国内では耳石による報告は少なく，マイワシとウルメイワシに関するものがあるにすぎない（佐藤・加賀，1952, 飯塚，1975, Chullasorn *et al.*, 1977）。国外での研究は，殆どが表面観察法で行われ，Burnt and Crack 法や薄片法は少ない（Chilton and Stocker, 1987, Hoedt, 1992, Ahrenholz *et al.*, 1995, Peltonen *et al.*, 2002）。ニシン科では北海，米国大西洋北東沿岸メーン湾，カリフォルニア沿岸，カナダ・セントローレンス湾，カナダ太平洋沿岸，バルト海，ケルト・アイリッシュ海のニシン属に関する報告がある（Jenkins, 1902, Iles and Johnson, 1962, Watson 1964,

Spratt, 1981,, Moores and Winters, 1982, Chilton and Stocker, 1987, Messieh and Tibbo, 1970, Peltonen *et al.*, 2002, Brophy and Danilowicz, 2003)。また，米国大西洋ノースカロライナ沿岸のスミツキニシン属（*Brevoortia*），南西アフリカ，南西オーストラリア沿岸のマイワシ属（*Sardinops*），リビア近海のサッパ属（*Sardinella*），米国北西大西洋岸 Damariscotta River のアロサ属（*Alosa*）に関する報告がある（Ahrenholz *et al.*, 1995, Thomas, 1983, 1984, Fletcher, 1991, 1995, Pawson and Giama, 1985, Pawson, 1990, Libby, 1982, 1985)。カタクチイワシ科では，カリフォルニア近海，南西アフリカ沿岸，南アフリカ近海のカタクチイワシ属（*Engraulis*），(Collins and Spratt, 1969, Spratt, 1972, 1975, Melo, 1984, Waldron, 1994)，オーストラリア東沿岸の *Thryssa* 属（Hoedt, 1992）に関する報告がある。

ニシン目では，ニシン科はマイワシが多獲性魚類で，他の魚種も有用種が多いので，標本魚の採集は容易であるが，カタクチイワシ科は，多獲性魚類のカタクチイワシ以外は分布域の偏り等から比較的困難である。本研究では，ニシン科７種，カタクチイワシ科２種の耳石を採取した。

5-1．ニシン科 Clupeidae

ウルメイワシ *Etrumeus teres*

外形は長楕円形（C 型）で，前角は発達するが，前上角が発達せず，欠刻は不明確である。側面形は反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が中央部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められる（II_3 型）。輪紋は，表面観察では不明瞭であるが，凹凸両面の研磨により年齢査定が可能である。

キビナゴ *Spratelloides gracilis*

外形は楕円形（B 型）で，前上角はあまり発達せず，欠刻は本科で最も不明確である。側面形は弱い反り状型（a 型）である。溝は浅く不明確であるが，欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（II_1 型)。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

ヒラ *Ilisha elongata*

外形はやや角型状の楕円形（B 型）で，前角はあまり発達しないが，前上角が発達し，欠刻は明確である。側面形は弱い反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が中央部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（II_1 型）。輪紋は，表面観察では不明瞭であるが，薄片観察で弱い輪紋構造がみられる。

マイワシ *Sardinops melanostictus*

外形は長楕円形（C 型）で，前角と前上角が発達し，欠刻は明確である。側面形は弱い反り状型（a 型）である。個体によっては，凹面には，弱い隆起が後部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（II_1 型)。輪紋は，表面の観察でやや明瞭で，年齢査定に用いられている。また，異常な輪相（全面が殆ど透明なもの，ほぼ半域が透明なもの，縁辺部以外は不透明なもの等）を示す個体が比較的多く現れる。

サッパ *Sardinella zunasi*

外形は長楕円形（C 型）で，前角はあまり発達しないが，前上角が発達し，欠刻はやや明確である。側面形は弱い反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（II_1 型)。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

ニシン *Clupea pallasii*

外形は長楕円形（C 型）で，前角と前上角が発達し，欠刻は明確である。側面形は弱い反り状型（a 型）である。溝はやや深く明確で，欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（II_1 型)。輪紋は，表面観察でも薄片観察でも明瞭であり，本科では最も簡便に年齢を査定することができる。

コノシロ *Konosirus punctatus*

外形は長楕円形（C 型）で，前角はあまり発達しないが，前上角が発達し，欠刻はやや明確である。側面形は弱い反り状型（a 型）である。溝は比較的深く，欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（II_1 型)。輪紋は，表面観察はやや明瞭である。

5-2．カタクチイワシ科 Engraulidae

エツ *Coilia nasus*

外形は楕円形(B 型)で，前角と前上角はやや発達し，欠刻は明確である。側面形は反り状型（a 型）である。溝はやや幅広く，欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められるが，ニシン科に比べやや短い（II_1 型)。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

カタクチイワシ *Engraulis japonicus*

外形は長楕円形（C型）で，前角はあまり発達しないが，欠刻はやや明確である。下縁に顕著な鋸歯状突起がみられる。側面形は弱い反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が後部にみられる。溝はやや幅狭く，欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められるが，ニシン科に比べやや短い（II_1 型)。輪紋は，表面観察で観察可能であるが，年齢査定には薄片法が必要である。

ニシン目魚類の耳石長比および相対耳石サイズを種間で比較する。耳石長比は1.73〜2.56の範囲で，カタクチイワシ科のカタクチイワシが最も大きく，ニシン科のヒラが最も小さい。耳石長比と体長との関係をみると，マイワシでは体長が大きくなるにつれて耳石長比も大きくなり，この傾向はカタクチイワシでも同様である。したがって，ニシン目魚類の耳石長比はその他の魚種もマイワシおよびカタクチイワシと同傾向を示すと考えられ，耳石長比の検討は大と小の２群に分けて行った。魚種間の比較では，全体的にはヒラ，キビナゴとエツ（1.73〜1.80）の小グループ（楕円形）とニシン，コノシロ，ウルメイワシ，マイワシとカタクチイワシ（2.16〜2.56）の大グループ（長楕円形）の２グループに分けられる。

相対耳石サイズは13.23〜28.81の範囲で，カタクチイワシ科のエツが最も大きく，ニシン科のキビナゴが最も小さい。魚種間の比較では，ニシン科の７種が20以下，カタクチイワシ科の２種が20以上となり，両者の相違は比較的明確である。全体的にみると，体長が大きいほど相対耳石サイズが小さくなる傾向がやや認められる。

ニシン目魚類の耳石形態の特徴を要約すると，外形は長楕円形（C型）と楕円形（B型）で，前上角は発達し，欠刻はほぼ明確である。側面形はやや弱い反り状型（a型）で，凹面の隆起は，種あるいは個体によっては中央部や後部に僅かに認められる。溝は比較的明確なⅡ型（$Ⅱ_1$型）で，カタクチイワシ科はニシン科に比べてやや短い。これらの組み合わせコードは，主にC-a-Ⅱ（$Ⅱ_1$），B-a-Ⅱ（$Ⅱ_1$），C-a-Ⅱ（$Ⅱ_3$）に当てはまる。耳石長比は1.73〜2.56の範囲で，平均1.73〜1.80と2.16〜2.56の大，小２グループに分けられる。とくに，ヒラは丸みがあり，カタクチイワシは細長い。相対耳石サイズは13〜29の範囲で，標本魚の体長が大きくなるに従って小さくなる傾向がある。また，ニシン科が13〜17，カタクチイワシ科が26〜29で，科による相違が明確である。カタクチイワシの耳石には，下縁に顕著な鋸歯状突起がみられ，ニシン目魚類の中では特徴的な識別形質と推察される。

なお，ニシン目ではマイワシとカタクチイワシにおいて輪相や形状の異常な耳石（奇形）が現れ，特にマイワシでの出現が多い。このような耳石には，左右の出現頻度に相違はみられず，どの魚種も左右の何れかの一個が異常であった。これらの特徴や異常性が生活領域，行動等の生活型や体型あるいは環境等にどのような関連があるのか，今後の研究課題である。

6．ネズミギス目（Gonorynchiformes）（Table 2-2, Figs. 2-1, 2-4, 2-5）

日本産のネズミギス目魚類は，２科２種（サバヒーとネズミギス）が知られている。サバヒー科のサバヒーは沿岸浅海域に生息し，台湾，フィリピン，インドシナ等の東南アジアでは養殖が盛んで，重要な食用魚になっている。年齢査定に関する研究は国内では見当たらない。耳石形態については，南アフリカ周辺海域のサバヒー科とネズミギス科の各々１種の写真画像と詳細なデータが示されている（Malcolm *et al.*, 1995）。本研究では，サバヒー科のサバヒー１種のみから耳石を得た。

6-1．サバヒー科 Chanidae

サバヒー *Chanos chanos*

外形は楔状の三角形（F型）で，前角は発達するが，前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は弱い反り状型（A型）である。凹面には，弱い瘤状隆起が中央付近にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁に達する（$Ⅰ_1$型）。輪紋は，表面観察ではやや不明瞭である。サバヒーの耳石長比は1.97，相対耳石サイズは17.11である。

7．コイ目（Cypriniformes）（Table 2-2, Figs. 2-1, 2-4, 2-5）

日本産のコイ目は２科76種が知られている。これらの魚種は，淡水域から汽水域に生息し，コイ類，フナ類，ドジョウ類等は食用魚で，マゴイは養殖食用魚や遊魚対象魚，ヘラブナ（ゲンゴロウブナ）等は遊漁対象魚，錦鯉，金魚やタナゴ類は観賞魚等，広く利用されている。一方，ミヤコタナゴ，ヒナモロコ等の絶滅危惧種や稀少種が増加している。

コイ目魚類の形態，年齢研究は比較的少ない。形態研究では，コイ科のキンギョと *Gila atraria* の耳石形状が提示されている（高橋・矢部，1990，上野・阪本，1999）。キンギョの稚魚から未成魚までの耳石形状の変化（Mugiya and Tanaka, 1992）に関する報告がある。年齢研究では，コイ目は種々な年齢形質が用いられ，耳石では，星状石と礫石の薄片によるオーストラリアのコイ，米国ユタ州の *Gila atraria*，南カロライナのソウギョ（Brown *et al.*, 2004, Vilizzi and Walker, 1999, Johson and Belk, 2004, Morrow *et al.*, 1997），間鰓蓋骨では，筑後川のニゴイ（竹下・木村，1991），棘（Erectile spine）では，京都由良川のアジメドジョウ（Kano, 2000），鱗では長良川下流域のフナ属魚類（鈴木・木村，1977）等の報告がある。また，スペイン南部のシマドジョウ属では，耳石は年齢形質

Table 2-2. Sample list used for otolith measurement (Clupeiformes, Gonorynchiformes, Cypriniformesm Siluriformes)

Family	Japanese name	Scientific name	Abbre-viation	Size category	Sampling locality	Sample size	Mean total length (mm)	Range	Otolith length (mm)	Otolith width (mm)	Otolith area index	Length height ratio	Relative otolith size	Code of external-side-sulcus forms
Clupeidae														
	Urume-iwashi	*Etrumeus teres*	Et	Small		2	156	61-234	3.00	1.25	2.40	2.40	19.33	C a II_3
				Large		2	225		3.43	1.57	2.39	2.18	15.27	
	Kibinago	*Sparatelloides gracilis*	Sg			6	96	87-104	1.28	0.71	0.95	1.80	13.23	B a II_2
	Hira	*Ilisha elongata*	Ie	Small		2	143	139-512	2.67	1.58	2.95	1.69	18.73	B a II_1
				Large		2	444		6.78	3.85	5.88	1.76	15.20	
	Ma-iwashi	*Sardinops melanostictus*	Sm	Small	Hachinohe	10	156	4-261(107-2[illegible]	2.71	1.10	1.91	2.46	17.39	C a II_1
				Large	Hachinohe	10	220		3.54	1.35	2.17	2.62	16.14	
					Mutsu Bay	10	156		2.73	1.12	1.96	2.44	17.47	
	Sappa	*Sardinella zumasi*	Sz	Small		6	121	232-288	2.44	1.28	2.58	1.91	20.33	C a II_1
				Large		4	250		3.50	1.35	1.89	2.57	13.94	
	Nishin	*Clupea pallasii*	Cp			22	251	222-282	3.78	1.75	2.64	2.16	15.11	C a II_1
	Konoshiro	*Konosirus punctatus*	Kp			10	238	230-262	4.24	1.85	3.30	2.29	17.82	C a II_1
	Etsu	*Coilia nasus*	Cn			1	186	186	5.36	3.01	8.67	1.78	28.81	B a II_1
Engraulidae														
	Katakuchi-iwashi	*Engraulis japonicus*	Ej	Small	Hachinohe	10	100	5-159(73-14[illegible]	2.69	1.11	2.99	2.42	27.12	C a II_1
				Large	Hachinohe	10	149		3.69	1.36	3.37	2.71	24.79	
				Small	Mutsu Bay	10	105		2.95	1.20	3.37	2.46	28.04	
				Large	Mutsu Bay	10	148		3.75	1.42	3.60	2.64	25.36	
Chanidae														
	Sabahii	*Chanos chanos*	Cc			1	368	368	6.30	3.20	5.48	1.97	17.11	F a I_1
Cyprinidae														
	Koi	*Cyprinus carpio*	Cy			2	315	223-406	5.48	1.07	1.86	5.08	17.46	I a IV
	Kingyo	*Carassius carassius auratus*	Ca			2	115	112-118	2.75	0.65	1.55	4.45	23.91	I a IV
	Nigoi	*Hemibarbus barbus*	Hb			2	502	487-517	6.40	1.55	1.98	4.13	12.76	I a IV
Siluridae														
	Namazu	*Silurus asotus*	Sa	Small		7	223	178-288	2.71	1.51	1.84	1.79	12.27	B b VI
				Large		5	392	327-504	4.09	2.46	2.57	1.67	10.56	
Plotosidae														
	Gonzui	*Plotosus lineatus*	Pl			8	182	111-221	4.11	3.43	7.75	1.20	22.82	A,B b VI

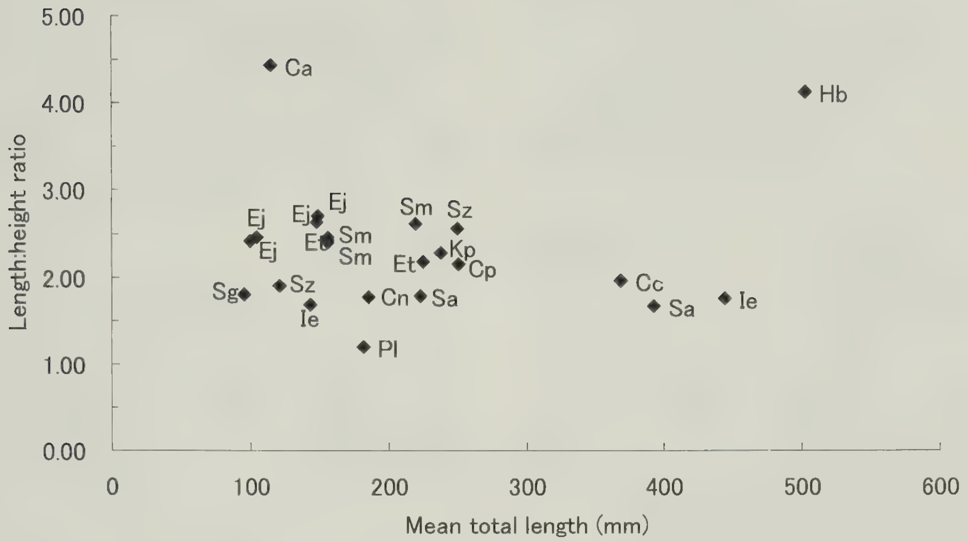


Fig. 2-4. Relation of otolith length:height ratio to total length (Clupeiformes, Gonorynchiformes, Cypriniformes, Siluriformes). Abbreviations see table 2-2.

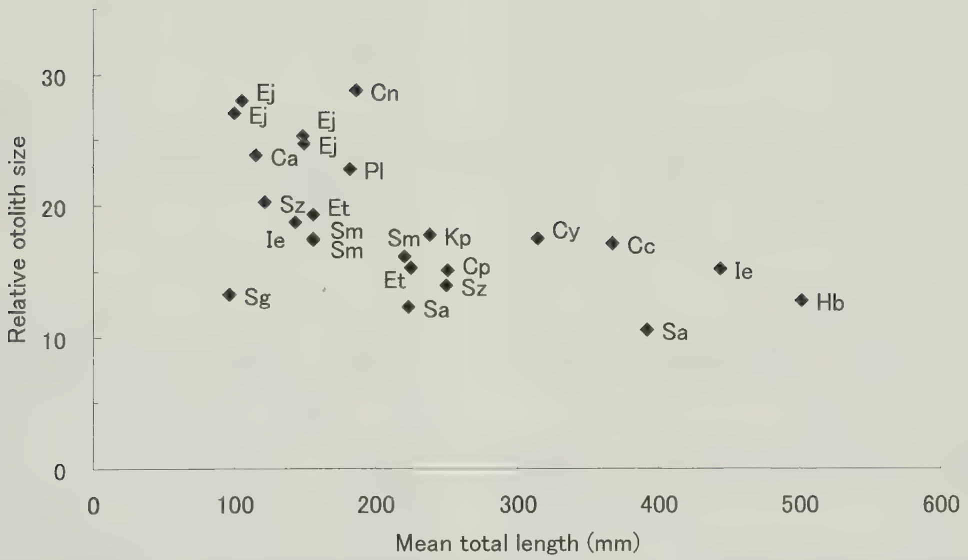


Fig. 2-5. Relation of otolith size index to total length (Clupeiformes, Gonorynchiformes, Cypriniformes, Siluriformes). Abbreviations see table 2-2.

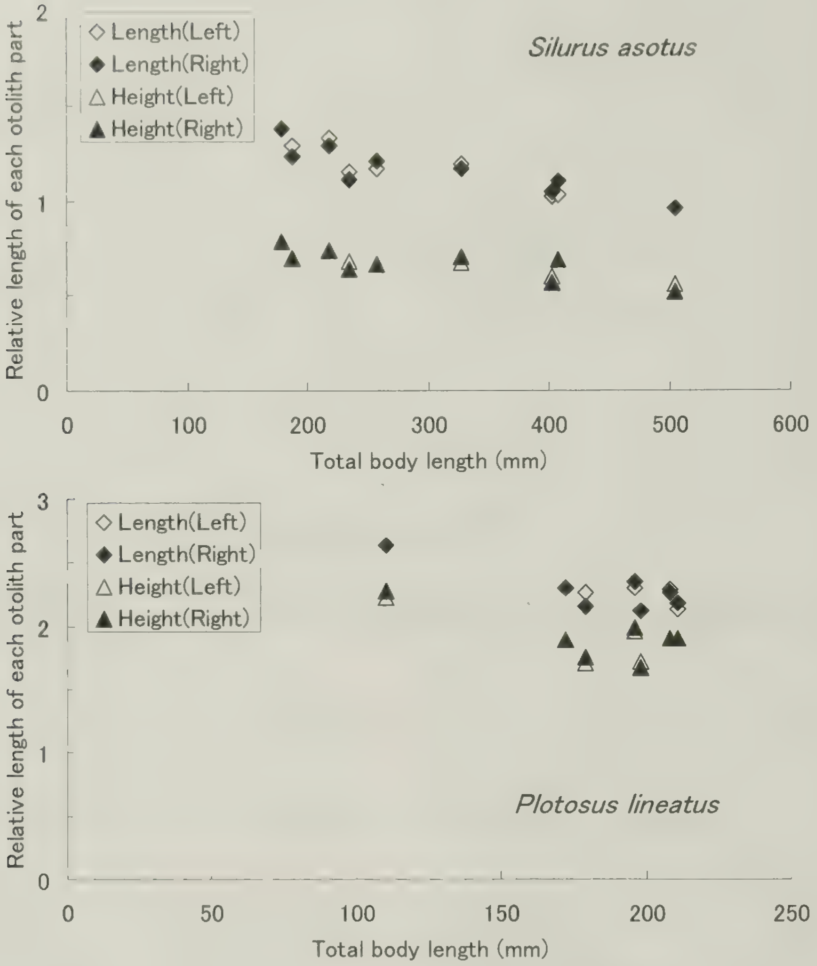


Fig. 2-6. Relationships between total body length and otolith length and otolith height of namazu *Silurus asotus* (top) and gonzui *Plotosus lineatus* (bottom).

でなく，鱗で査定が行われている（Oliva-Paterna *et al.*, 2002)。本研究では，コイ科の3種から耳石を収集した。

以下，扁平石，星状石，礫石に分けて，耳石形態の特徴を記す。

7-1. コイ科 Cyprinidae（扁平石）

コイ *Cyprinus carpio*

外形はやや鍵に似た不定形（I型）で，前角と前上角が発達し，欠刻は明確である。側面形は薄く，反り状型（a型）である。溝の形状は不明である。輪紋は，表面観察ではやや不明瞭である。コイの耳石は，星状石や礫石は比較的採り易いが，扁平石は脆く採り難く，破損することが多い。また，耳石長は，扁平石が大きいが，耳石高は星状石が大きく，面積指数は星状石の方が大きい。

キンギョ（ワキン）*Carassius carassius auratus*

外形はコイに似た不定形（I型）で，前角は細長く著しく伸長するが，前上角は発達せず，欠刻はやや明確である。側面形は薄く，弱い反り状形(a型)である。溝の形状は不明である。輪紋は，表面観察では不明確で，殆どが透明部分である。耳石の採取は，コイと同様，扁平石では難しく，星状石の方が容易である。耳石長は，扁平石が星状石より長いが，面積指数は星状石の方が大きい。

ニゴイ *Hemibarbus barbus*

外形はコイに似た不定形（I型）で，前角と前上角が発達し，欠刻は明確である。側面形は薄く，強い反り状型(a型)である。溝の形状は不明である。輪紋は，表面観察ではやや不明瞭である。耳石の採取は，コイと同様，扁平石は難しく，星状石は容易である。耳石長は，扁平石が星状石より長いが，面積指数は星状石

の方が大きい。

耳石長比は，コイが4.10，キンギョが4.45，ニゴイが4.13で，3種の間に殆ど相違がなく，何れも非常に細長い。相対耳石サイズはコイが19.27，キンギョが23.91，ニゴイが12.76で，3種を比較すると，ニゴイが若干小さい。

7-3．コイ科 Cyprinidae（星状石）

コイ科魚類の扁平石は採り難い場所にあり，薄く細長く，しかも非常に脆いので，採取時の処理過程で殆どがばらばらに破損する。従って，完全な状態での採取保存は極めて困難である。一方，星状石は比較的幅広く硬く，礫石は石塊状で非常に硬いので，採取は容易である。また，星状石は扁平石に比べ，耳石長は小さいが耳石高が大きく，面積指数はかなり大きい。礫石は星状石より小さいが厚さがある。形状では，外形には円形，楕円形等，側面形には反り状，棒状形等の特徴がみられるが，凸面の溝は認められない。星状石の輪相は，表面観察ではやや明瞭であり，礫石の輪相は，不明瞭であるが，薄片法で年齢査定が行われている。

これまで，コイ科魚類9種の星状石と11種の礫石を採取したので，その形状の特徴を以下に提示する。なお，溝が認められないので，耳石の前，後縁は明らかでないが，楕円形では長軸の先端がやや細い（あるいは尖った）部位を前縁部，先端が丸い部位を後縁部とした。また，前縁の上部にみられる凹みは欠刻と見做した。従って，円形では欠刻がみられる部位を前縁部とした。

コイ *Cyprinus carpio*

外形は，縁辺に波状の凹凸が発達した円形に近い楕円形で，欠刻は幅広く明確である。側面形は弱い反り状型である。輪相は，表面観察ではやや明瞭で，薄片観察（薄片法）による年齢査定が行われている。

ゲンゴロウブナ *Carassius cuvieri*

外形は，下縁から後縁に波状の凹凸がみられる楕円形で，欠刻は幅広くやや明確である。側面形は弱い反り状型である。輪相は，表面観察ではやや明瞭である。

ギンブナ *C. auratus langsdorfii*

外形は，全縁に波型の凹凸が発達する円形で，欠刻は幅広く明確である。外形には個体による相違がみられる。側面形は弱い楕円形である。輪相は，表面観察ではやや明瞭である。

タナゴ *Acheilogmathus melanogaster*

外形は，縁辺に波型の凹凸がみられる円形で，欠刻は認められない。側面形は棒状型である。輪相は，表面観察ではやや明瞭である。

タイリクバラタナゴ *Rhodeus ocellatus ocellatus*

外形は二つの突起がみられる円形で，欠刻とみられる突起は明確である。側面形は不明である。輪相は，表面観察ではやや明瞭である。

オイカワ *Zacco platypus*

外形は，前縁がやや細長く，後縁が丸い楕円形で，欠刻は明確でない。外形には個体による相違がみられる。側面形は弱い反り状型か半広線形である。輪相は，表面観察ではやや不明瞭である。

ウグイ *Tribolodon hakonensis*

外形は，波型や鋸歯状の凹凸が発達する円形で，欠刻は幅広くやや明確である。側面形は弱い反り状型である。輪相は，表面観察ではやや明瞭である。

モツゴ *Pseudorasbora parva*

外形は，角ばった楕円形で，欠刻は明確でない。側面形は弱い反り状型である。輪相は，表面観察ではやや明瞭である。

ニゴイ Hemibarbus barbus

外形は，縁辺に波型の凹凸が発達した円形か楕円形で，欠刻は明確である。体長162 mm の小型魚の外形は前縁の先端が細長く，後縁が丸い楕円形（矢尻型）で，体長404 mm の大型魚の外形は円形である。側面形は弱い反り状型である。輪相は，表面観察ではやや明瞭である。

7-4．コイ科 Cyprinidae（礫石）

コイ *Cyprinus carpio*

外形は，前縁がやや尖り，後縁が丸いやや短めの長楕円形で，欠刻は幅広く，やや不明確である。側面形は弱い反り状型で，凹面には隆起が中央から後部にみられる。輪相は，表面観察ではやや不明瞭である。

ゲンゴロウブナ *Carassius cuvieri*

外形は，前縁が尖り，後縁丸い楕円形で，欠刻は不明確である。側面形は弱い反り状型で，凹面には隆起が中央から後部にみられる。輪相は，表面観察では不明瞭である。

ギンブナ *C. auratus langsdorfii*

外形は，前縁が突出し，後縁が丸い楕円形で，欠刻は不明確である。側面形は弱い反り状型か半広線形で，凹面には隆起が中央から後部にみられる。輪相は，表面観察では不明瞭である。

タナゴ *Acheilog mathus melanogaster*

外形は，前縁が丸く，後縁が更に丸みが大きい貝状の楕円形で，欠刻は不明確である。側面形は不明であるが，隆起が中央から後部にみられる。輪相は，表面観察では不明瞭である。

タイリクバラタナゴ *Rhodeus ocellatus ocellatus*

外形はタナゴに似た貝状の楕円形で，欠刻は不明確である。側面形は不明であるが，隆起が中央から後部にみられる。輪相は，表面観察ではやや不明瞭である

ハス *Opsarichthys uncirostris uncirostris*

外形は，やや括れがみられる楕円形で，欠刻は不明確である。側面形は弱い反り状型で，凹面には隆起が中央から後部にみられる。輪相は，表面観察では不明瞭である

オイカワ *Zacco platypus*

外形はやや反り状の楕円形で，欠刻は不明確である。側面形は不明であるが，隆起が中央から後部にみられる。輪相は，表面観察では不明瞭である。

ウグイ *Tribolodon hakonensis*

外形は，縁辺に緩やかな凹凸があり，前縁がやや尖り，後縁が丸い楕円形で，欠刻は不明確であるが，個体による相違がみられる。側面形は棒状型で，凹面には隆起が中央から後部に認められる。輪相は，表面観察では不明瞭である。

モツゴ *Pseudorasbora parva*

外形は，タイリクバラタナゴに似た貝状の楕円形で，欠刻は不明確である。側面形は弱い反り状型で，凹面には隆起が中央から後部にみられる。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

タモロコ *Gnathpogon elongatus elongates*

外形は，縁辺に緩やかな凹凸があり，前縁がやや尖り，後縁が丸い楕円形で，欠刻は認められない。側面形は弱い反り状型で，凹面には隆起が中央から後部にみられる。輪相は，表面観察ではやや明瞭である。

ニゴイ *Hemibarbus barbus*

外形は，前縁がやや細く，後縁が丸い楕円形で，欠刻は認められない。側面形は弱い反り状型で，凹面には隆起が中央から後部にみられる。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

コイ科魚類の耳石長比と耳石相対サイズを種間で比較する。星状石の耳石長比は1.03-1.58の範囲で，モツゴ（モツゴ属）が最も大きく，タナゴ（タナゴ属）が最も小さい。タナゴ，ウグイ，タイリクバラタナゴとギンブナが比較的小さく(1.03～1.24)，その他は1.27～1.58の狭い範囲内にある。全体として，数値は比較的小さく，タナゴとウグイ以外には，大きい相違は見られない。耳石相対サイズは10.91～18.71の範囲で，ギンブナ（フナ属）が最も大きく，オイカワ（オイカワ属）が最も小さい。オイカワとウグイが11-12の範囲でやや小さく，ギンブナとモツゴが19でやや大きいが，全体として大きい相違はみられない。

礫石の耳石長比は1.22～2.07の範囲で，コイ（コイ属）が最も大きく，タイリクバラタナゴ（タナゴ属）が最も小さい。タイリクバラタナゴとタナゴ（1.29）が小さく，コイとオイカワ（1.86）が大きいが，その他は1.40～1.67の狭い範囲にある。全体として，数値は比較的小さく，コイ以外には大きい相違はみられない。耳石相対サイズは8.81～14.39の範囲で，ギンブナが最も大きく，コイが最も小さい。ウグイ（9.05）が小さく，タモロコ，タナゴとモツゴ（13～14）がやや大きいが，その他は10-11の狭い範囲にある。全体として，大きい相違はみられない。

星状石と礫石を比較すると，耳石長比では，両者とも体長との関係は認められず，モツゴとタイリクバラタナゴ以外は礫石が大きい。耳石相対サイズでは，両者とも体長との関係は認められず，各魚種とも星状石は礫石よりも大きい。

上記のコイ科魚類の星状石・礫石の特徴をまとめると，星状石では円形か楕円形で，タナゴ以外は欠刻が認められる。また，全縁には波型の凹凸が発達する魚種が多い。礫石ではコイ（長楕円形）以外は前縁がやや細く，後縁が丸い楕円形で，欠刻は不明確である。また，星状石の凹面には，丸い凹みがほぼ中心部にみられる。側面形は，星状石では弱い反り状型が主体で，凹面の隆起はみられない。礫石では星状石と同様に，弱い反り状型が主体であるが，凹面の中央から後部に隆起がみられる。表面観察の輪相は，星状石では大部分の魚種で，透明帯と不透明帯はやや明瞭であるが，輪紋としての構造は殆ど認められない。礫石では透明帯と不透明帯が不明瞭な魚種が多く，輪紋は認められない。

耳石による年齢査定は扁平石を年齢形質として用いた報告は見当たらず，星状石ではオーストラリアのコイ（Vilizzi and Walker 1999, Brown *et al.*, 2004），礫石では南カロライナ州のソウギョ（Morrow *et al.*, 1997）とユタ州の *Gila atraria*（Johson and Belk 2000）が薄片法で行われている。従来，コイ科魚類の年齢査定は鱗を中心に行われているが，星状石と礫石は年齢形質として有効と考えられるので，今後，多くの魚種で年齢査定（薄片法）を試みる必要がある。

8．ナマズ目（Siluriformes）（Table 2-2, Figs. 2-1, 2-4, 2-5）

日本産のナマズ目魚類は，７科15種が知られている。ハマギギ科とゴンズイ科以外は淡水域に生息しており，希少種のものが多いが，ギギ科，ナマズ科やゴンズイ科は食用になっている。耳石形態に関する研究では，オランダの Asejire Lake のギギ科（*Chrysichthys*

nigrodigitatus）の耳石形状の特徴に関する報告がある（Fagade, 1980）。また，耳石化石の研究では，メキシコ湾沿岸のギギ科（Frizzell and Dante, 1965），静岡県掛川市および神奈川県北部のハマギギ科（大江，1991）に関する報告がある。さらに，南アフリカ周辺海域のハマギギ科３種，ゴンズイ科２種について，写真画像とともに詳細な形態の記載とデータが示されている（Malcolm *et al.*, 1995）。

年齢に関する研究は耳石の表面観察法で行われ，ゴンズイ科では，英虞湾とメキシコ沿岸のHuizache-Caimanero lagoon のゴンズイ，ギギ科では，オランダの *Chrysichthys nigrodigitatus* に関する報告がある（梶川，1973, Warburton, 1978, Fagade, 1980）。また，九州の筑後川のアリアケギバチ（ギギ科）では，脊椎骨の椎体による年齢査定が行われている（Takeshita *et al.*, 1998）。本研究では，ナマズ科とゴンズイ科から各々 1種ずつから耳石を得た。

左右の耳石の長さは，ナマズ目の一部に相違がみられる（Wright *et al.*, 2002）。ここでは測定資料は少ないが，ナマズ（ナマズ科）とゴンズイ（ゴンズイ科）を対象に検討した。ナマズとゴンズイの耳石長および耳石高は，共に左右間の相違は認められなかった。

8-1．ナマズ科 Siluridae

ナマズ *Silurus asotus*

外形は，上縁が幅広く凹んだ楕円形（B 型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確である。外形の輪郭と欠刻には，個体による相違がみられ，異常と思われる個体も現れる。側面形は弱い反り状型（a 型）である。凹面には，粒状な弱い隆起が中央付近にみられる。溝はやや幅広く，欠刻部から前縁に沿い下方に延び，下端でやや後方に曲がり，下縁付近まで認められる（Ⅵ型）。また，溝の隆起はやや強い。輪紋は，表面観察ではやや不明瞭である。

8-2．ゴンズイ科 Plotosidae

ゴンズイ *Plotosus lineatus*

外形は円形（A 型）か楕円形（B 型）で，前角と前上角はあまり発達しないが，欠刻はやや明確である。外形の輪郭と欠刻には，個体による相違がみられる。側面形はやや太い棒状型（b 型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は欠刻部から上縁に沿って後方に延び，後縁付近から曲がり，下縁の中央付近まで認められる（Ⅵ型）。輪紋は，表面観察ではやや不明瞭である。

耳石長比は，ナマズは1.73，ゴンズイは1.20で，両者の間で相違がみられる。相対耳石サイズは，ナマズが11，ゴンズイが23で，後者がやや大きい。ゴンズイの耳石はナマズに比べ丸く大きい。

9．ニギス目（Argentiniformes）（Table 2-3, Figs. 2-7, 2-8, 2-9）

日本産のニギス目魚類には，５科39種が知られている。有用種はニギス科（Argentinidae）ニギス属（*Glossanodon*）のニギスとカゴシマニギス属（*Argentina*）のカゴシマニギスのみで，国内の耳石形態，年齢研究はこれらの２種に限られている。形態研究では，北太平洋亜寒帯海域のソコイワシ科（Microstomatidae）２種（窪寺・古橋，1987），日本産のニギス科のニギスとカゴシマニギス（Ohe, 1985），南極周辺海域のソコイワシ科のヤセソコイワシ属（*Bathylagus*）２種（Hecht 1987）の耳石外形と溝の特徴に関する報告がある。また，北西大西洋のニギス科１種，ソコイワシ科１種，セキトリイワシ科６種について，凹凸両面の写真画像が提示されている（Campana, 2004）。さらに，南アフリカ周辺海域のニギス科２種，ソコイワシ科３種，デメニギス科３種，セキトリイワシ科３種について，写真画像とともに詳細な形態の記載が示されている（Malcolm *et al.*, 1995）。系群研究では，日本海南西海域のニギスを対象に，０～１歳時の輪紋の性状，等の検討から系群判別が行われている（Sinoda and Don Jayashinghe 1971, Don Jayashinghe and Kawakami, 1974）。耳石化石の研究では，静岡県掛川市のニギス科に関する報告がある（大江，1983）。また，日本近海のクジラ類の胃内容物の耳石にニギス科が出現している（Fitch and Brownell, 1968）。年齢研究では，日本海のニギス，熊野灘のニギス，北海のカゴシマニギス属（*Argentina silus*）に関する報告がある（渡辺，1956, 三尾，1969, 尾形・伊東，1979, 羽生，1956, Bergstad, 1993）。

ニギス目魚類は，有用種のニギス以外は生息域や生態が明らかでないので，標本魚の採集は極めて困難である。本研究では，ニギス科１種，ソコイワシ科２種の耳石を収集した。

9-1．ニギス科 Argentinidae

ニギス *Glossanodon semifasciatus*

形は前角の先端がやや尖った楕円形（B 型）で，前角はやや発達するが，前上角が発達せず，欠刻は不明確である。側面形は反り状型（a 型）である。溝はやや明確で，欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（Ⅱ$_1$型）。輪紋は，表面の観察では不明瞭であるが，凹凸両面の研磨または薄片観察に

より年齢査定が可能である

9-2．ソコイワシ科 Microstomatidae

トガリイチモンジイワシ *Leuroglossus schmidti*

外形は前角の先端が尖った長楕円形（C 型）で，前角はやや発達するが前上角が発達せず，欠刻は不明確である。側面形は弱い反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁に達する（I_1型)。輪紋は，表面観察でも薄片観察でも明瞭である。

クロソコイワシ *Pseudobathylagus milleri*

外形は丸茄子状の楕円形（B 型）で，前角はやや発達するが前上角が発達せず，欠刻は不明確である。欠刻部付近の凹みは大きい。側面形は弱い反り状型（a 型)である。凹面には，弱い隆起が中央部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁に達する（I_1型)。輪紋は，表面の観察でやや明瞭である。

耳石長比は，ニギスは1.81，トガリイチモンジイワシが2.13，クロソコイワシが1.88で，トガリイチモンジイワシがやや大きい。相対耳石サイズはニギスが33.75，トガリイチモンジイワシが19.10，クロソコイワシが14.35で，ニギスが他の２魚種に比べかなり大きい。種間の比較は類縁関係にあるサケ目魚類の項で検討する。

10. サケ目（Salmoniformes）（Table 2-3, Figs. 2-7, 2-8, 2-9）

日本産のサケ目魚類は，４科32種である。サケ目魚類は殆どが産業上での有用魚類で，多くの魚種が生態，資源研究の対象になっている。サケ科（Salmonidae）はサケ目魚類の中で主体を占めるが，耳石による形態，年齢研究は，国内では鱗による報告が殆どで，耳石による報告は少ないが，国外では耳石単独の研究もしくは耳石と鱗の比較研究が多い。

形態研究は，キュウリウオ科（Osmeridae）では，北海のキュウリウオの外形の特徴，日本産のチカ，カラフトシシャモとキュウリウオの３種の外形と溝の形状の特徴，日本各地に生息するワカサギの輪相，アイスランド近海のカペリン（*Mollotus vilosus*）の系群判別，アユ科（Plecoglossidae）では，微細構造による琵琶湖産と海産との判別法が報告されている(Fryd, 1901, Ohe, 1985, 片山, 2003, Vilhjálmsson, 1968, 梅沢・塚本，1990)。サケ科（Salmonidae）で最も種数が多いサケ属（*Oncorhynchus*）では，日本産15種の形態特徴の比較研究，溝の形状による北アメリカの太平洋産５種の識別，耳石各部の特徴によるアメリカ北部のスチールヘッドの系群判別，オレゴン州のスチールヘッドとニジマスの分離，アメリカ・サンディエゴ湾のサケとベニザケの耳石形態の比較，耳石の核の面積等によるカナダ・ブリテッシュコロンビアのニジマスとスチールヘッドの識別，核の性状によるオレゴン州のニジマスの系群識別が行われている（飯塚ら，1999, Casteel, 1974, McKern *et al*., 1974, Rybock *et al.*, 1975, Duffy, 1977, Neilson *et al.*, 1985, Currens *et al.*, 1988)。

大西洋サケ属（*Salmo*）とイワナ属（*Salvelinus*）では，ノルウェー河川の大西洋サケ（*Salmo salar*）とブラウントラウト（*Salmo trutta*）との形態特徴の比較研究，外形と部位測定による大西洋サケ属２種とイワナ属２種の識別，北米産とヨーロッパ産の *Salmo salar* の系群識別に関する研究がある（L' Abée-Lund, 1988, L'Abée-Lund and Jensen, 1993, Friedland and Reddin, 1994)。シロマス属（*Coregonus*）では，ヒュウロン湖シロマス系群の耳石と鱗の形態比較，地中海の Melanlanostomiatidae 科（*Parabathoplilus gloriae*)や南極周辺海域のBathylabidae科(*Bathylagus antarcticus* 等３種）では，外形と溝の形状等の特徴に関する研究が行われている（Casselman *et al.*, 1981, Matallanas, 1984, Hecht, 1987)。また，北西大西洋に生息するキュウリウオ科２種とサケ科７種について，凹凸両面の写真画像が提示されている（Campana, 2004)。さらに，南アフリカ周辺海域のニシン科11種，カタクチイワシ科３種，オキイワシ科１種について，写真画像とともに詳細な形態の記載が示されている(Malcolm *et al.*, 1995)。異常耳石の研究では，道南のニジマスとカナダ・バンクーバー島のマスノスケに関する報告（Mugiya, 1972, Gauldie, 1986)，化石耳石では，カリフォルニア沿岸部のキュウリウオ科に関する報告がある（Fitch, 1967a)。また，オレゴン州沿岸のオットセイの胃内容物の耳石にサケが出現している(Brown and Mate, 1983)。また，特別な例では，カリフォルニア沿岸のカニ（*Cancer magister*）の胃内容物にキュウリウオ科等(その他，カタクチイワシ科，タラ科とカレイ科）の耳石が出現している（Gotshall, 1977)。

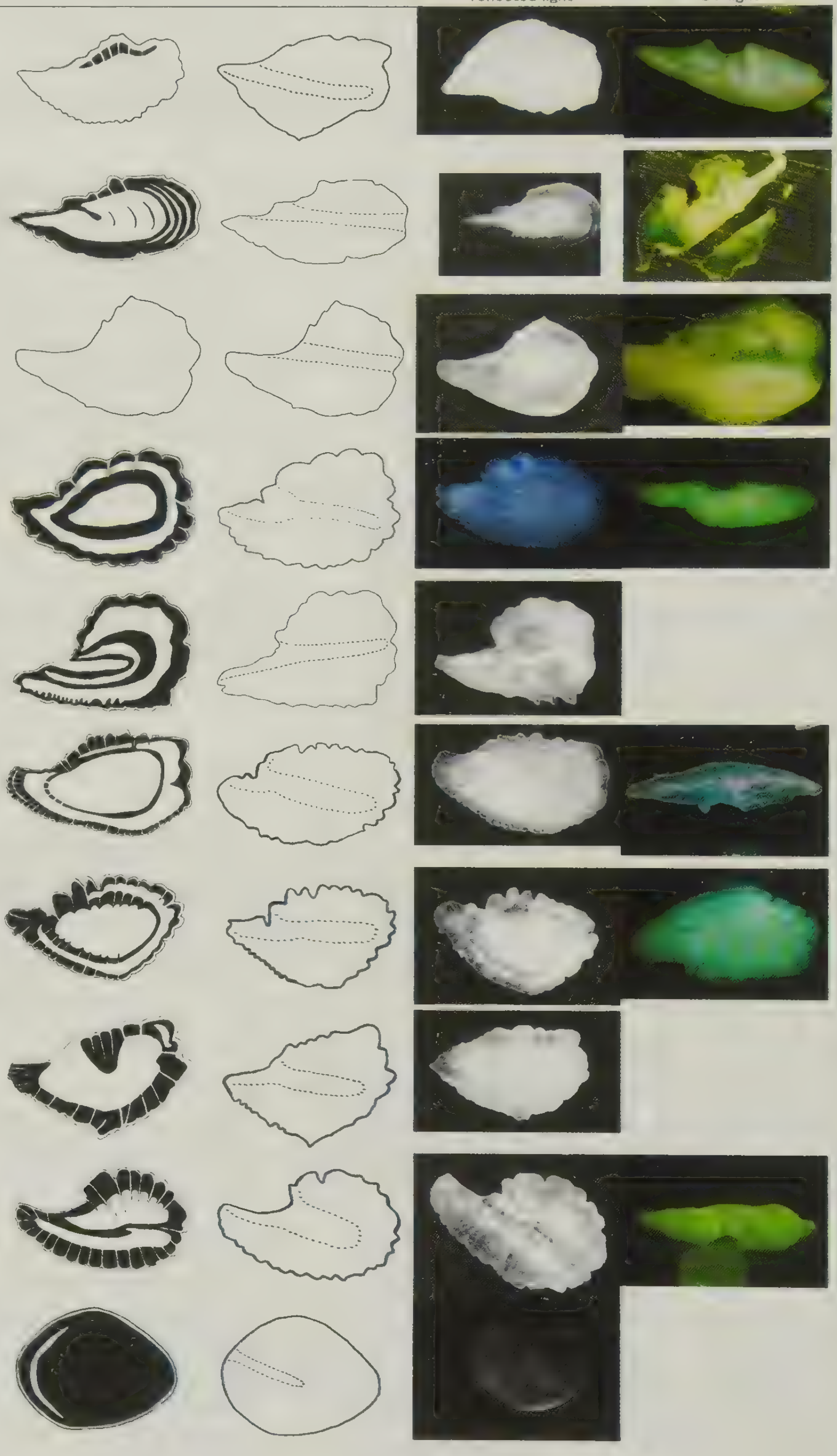
年齢研究では，サケ科では鱗による年齢査定が容易であるので，国内での耳石による年齢査定は少ない。国外での研究では，耳石による年齢査定は比較的多いが，大部分が表面観察によるもので，Burnt and Break 法や薄片法による査定は少ない(Power, 1978, Reimers, 1979, Barnes and Power, 1984, Kristoffersen and Klemetsen, 1991)。キュウリウオ科では相模湾，小川原湖のワカサギ（相澤，1954, Katayama and Kawasaki, 1994）とカナダ・ニ

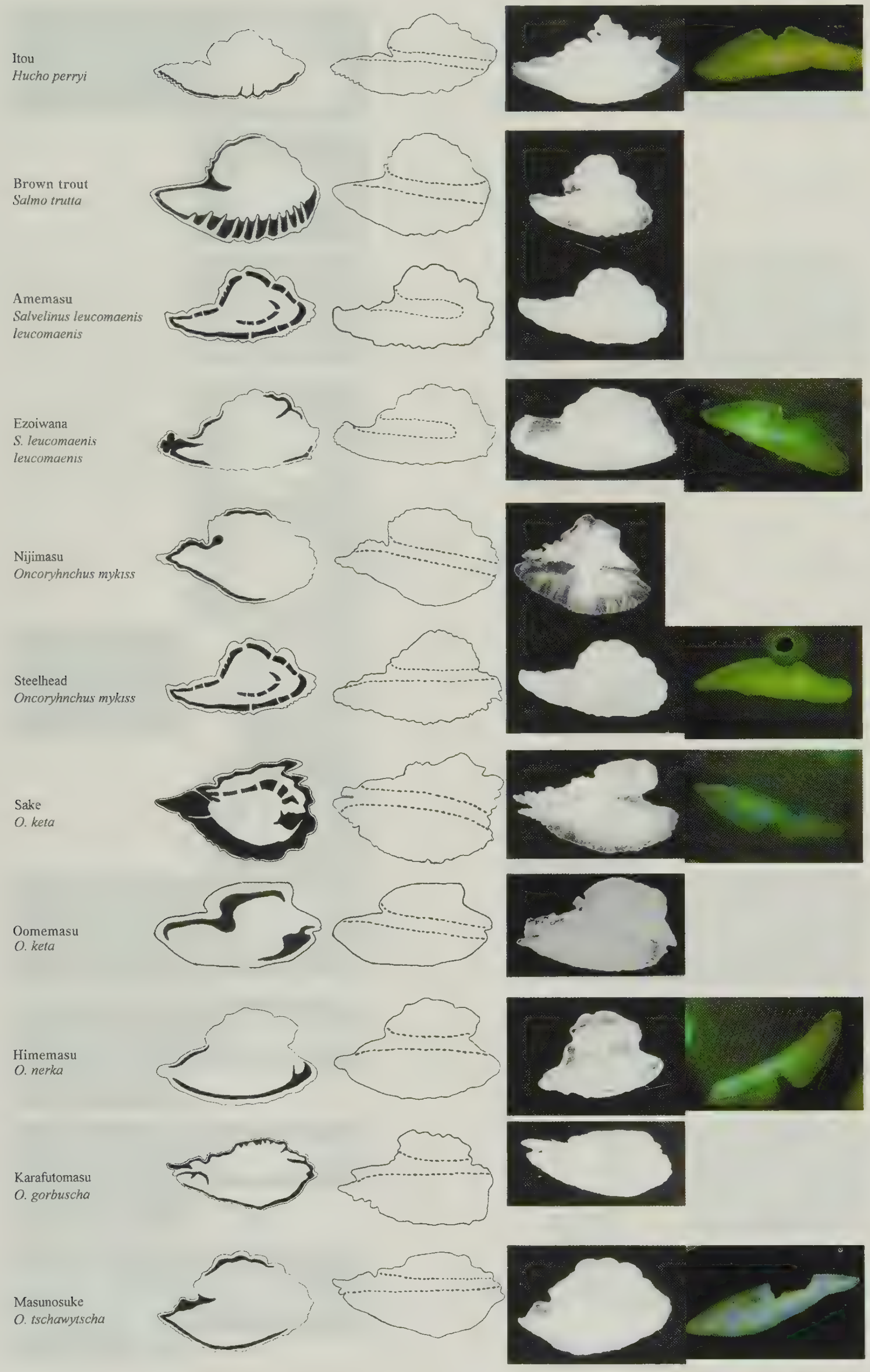
Table 2-3. Sample list used for otolith measurement (Argentinifomes, Salmoniformes)

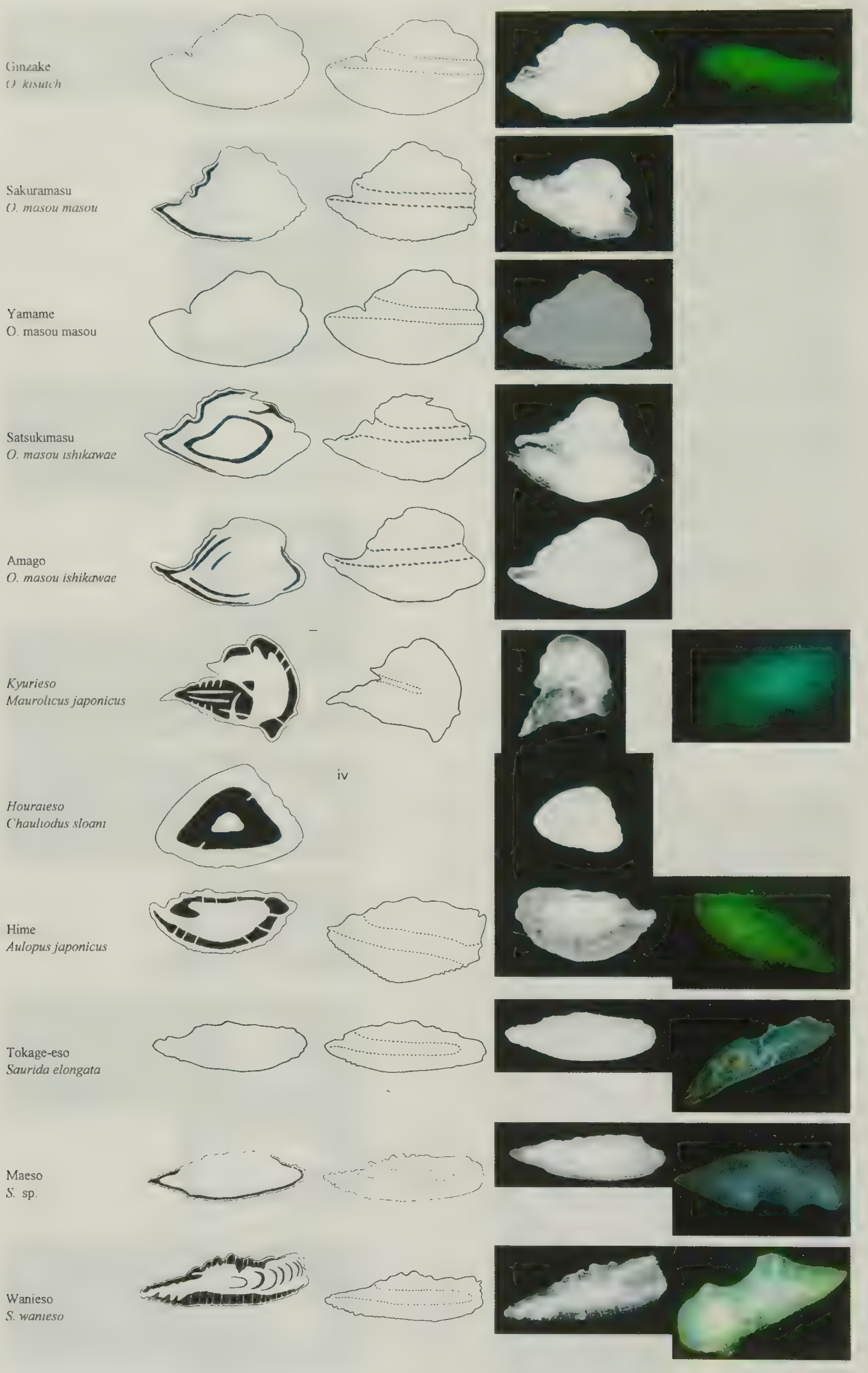
Family	Japanese name	Scientific name	Abbre-viation	Locality	Sample size	Mean total length	Range	Otolith length (mm)	Otolith width (mm)	Otolith area index	Length: height ratio	Relative otolith size	Code of external-side-sulcus forms		
Argentinidae															
	Nigisu	*Glossanodon semifa:*	Gs		2	139	138-139	4.65	2.57	8.60	1.81	33.75	B	a	II_1
Microstomatidae															
	Togari-ichimonji-iwash	*Leuroglossus schmia*	Lc		1	145		2.77	1.30	2.48	2.13	19.10	D	a	I_1
	Kurosokoiwashi	*Pseudobathylagus m*	Pm		2	200	195-205	2.87	1.54	2.21	1.88	14.35	B	a	I_1
Osmeridae															
	Shishamo	*Spirinchus lanceolat.*	Sl		8	140	136-143	4.18	2.57	7.67	1.62	29.79	B	c,b	II_1
	Karafutoshishaymo	*Mallotus villosus*	Mv		5	169	160-181	2.97	2.07	3.64	1.45	17.54	B	a,b	II_1
	Kyuri-uo	*Osmerus eperlanus*	Oe		8	248	198-285	7.35	4.19	12.42	1.77	29.72	B	a,b	II_1
	Chika	*Hypomesus japonicu*	Hj		7	161	135-172	4.33	2.69	7.23	1.61	27.14	B	b	II_1
	Wakasagi	*H. nipponensis*	Hn		20	95	80-134	3.20	1.94	6.53	1.56	31.97	B	a,b	II_1
Plecoglossidae															
	Ayu	*Plecoglossus altiveli.*	Pa		5	180	160-198	2.76	1.70	2.61	1.63	15.20	B	a	II_1
Salangidae															
	Shirauo	*Slangichthys microd.*	*Sm*		1								D	e	III
Salmonidae															
	Itou	*Hucho perryi*	Hp	Matuo	25	580	445-660	9.15	4.30	6.78	2.16	15.78	C	a	I_1
	Brown trout	*Salmo trutta*	St	Towada	10	195	148-235	3.18	2.22	3.62	1.44	16.41	B	a	I_1
	Amemasu	*Salvelinus leucomae.*	Sl	off Hachinohe	2	268	221-314	3.75	1.95	2.73	1.92	14.63	B	a	II_3
	Ezo-iwana	*S. leucomaenis leuco*	Sl	Oirase	10	392		5.49	2.67	3.74	2.05	14.08	C	a	II_3
				Matuo	10	469		5.70	2.72	3.31	2.09	11.96			
	Nijimasu	*Oncoryhnchus mykis*	Om	Matuo	15	486	452-528	5.65	3.85	4.48	1.48	11.65	B	a	I_1
	Steelhead	*O. mykiss*	Om	off Sanriku	2	750		6.90	3.75	3.45	1.84	9.20	B	a,b	I_1
	Sake	*O. keta*	Ok	Hakodate	9	719		5.30	3.02	2.23	1.67	7.12	B	a,b	I_1
			Ok	off Sanriku	4	749		5.32	3.24	2.30	1.65	7.13			
			Ok	Ishinomaki Bay	30	716		5.18	2.93	2.12	1.78	7.24			
			Ok	Kamikita R.	55	690		5.80	2.82	2.37	1.73	7.45			
			Ok	Kamikita R.	30	746		5.40	3.12	2.26	1.73	7.17			
	(Oomemasu)	*O. keta*	Ok	off Sanriku	3	723	665-837	5.48	3.52	2.67	1.56	7.61	B	a	I_1
	Himemasu	*O. nerka*	On	Kamuchatsuka	8	310		3.21			1.50	10.43	B	a	I_1
			On	Towada	8	415		3.86	2.70	2.51	1.43	9.29			
	Karafutomasu	*O. gorbuscha*	Og	off Sanriku	1	498		2.80	2.02	1.14	1.39	5.62	B	a	I_1
	Masunosuke	*O. tschawytscha*	Ot	off Sanriku	3	742	702-763	11.77	5.53	8.77	2.13	15.81	C	a	I_1
	Ginzake	*O. kisutch*	Oz	Matsuo	10	474	440-523	4.48	2.94	2.78	1.53	9.48	B	a	I_1
	Sakuramasu	*O. masou masou*	Os	Hokkaido	2	534		4.24	2.74	2.18	1.56	8.03	B	a	I_1
			Os	off Hachinohe	7	444		4.10	2.79	2.58	1.46	9.12			
			Os	Kawauchi	8	233		3.30	2.34	3.31	1.30	13.10			
			Os	Suginoko	8	188		2.54	1.18	1.59	1.38	13.74			
			Os	Matuo	5	392		4.10	2.76	2.89	1.49	10.43			
	Yamame	*O. masou masou*	Os	L.Ogawara	5	181	175-190	2.54	1.66	2.33	1.53	14.03	B	a	I_1
	Satsukimasu	*O. masou ishikawae*	Oi	Oota R.	6	320	278-343	3.72	2.50	2.91	1.49	11.66	B	a	I_1
	Amago	*O. masou ishikawae*	Oi	Hiroshima	10	271	231-280	3.96	2.44	3.57	1.62	14.64	B	a	I_1

Fig. 2-7. Illustrations of otolith external form and sulcus, and photographs of otolith external face under reflected light and burnt otolith section under UV light (Argentinifomes, Salmoniformes, Stomiiformes, Aulopiformes, Myctophiformes, Lampriformes).

Japanese name Scientific name	Surface view	Sulcus	Otolith external face under reflected light	Burnt otolith section under UV light
Nigisu *Glossanodon semifasciatus*				
Togari-ichimonji-iwashi *Leuroglossus schmidti*				
Kurosokoiwashi *Pseudobathylagus milleri*				
Shishamo *Spirinchus lanceolatus*				
Karafutoshishamo *Mallotus villosus*				
Kyuri-uo *Osmerus eperlanus*				
Chika *Hypomesus japonicus*				
Wakasagi *H. nipponensis*				
Ayu *Plecoglossus altivelis a*				
Shirauo *Slangichthys microdon*				




Itou
Hucho perryi
Brown trout
Salmo trutta
Amemasu
Salvelinus leucomaenis leucomaenis
Ezoiwana
S. leucomaenis leucomaenis
Nijimasu
Oncoryhnchus mykiss
Steelhead
Oncoryhnchus mykiss
Sake
O. keta
Oomemasu
O. keta
Himemasu
O. nerka
Karafutomasu
O. gorbuscha
Masunosuke
O. tschawytscha


Ginzake
O. kisutch
Sakuramasu
O. masou masou
Yamame
O. masou masou
Satsukimasu
O. masou ishikawae
Amago
O. masou ishikawae
Kyurieso
Maurolicus japonicus
iv
Houraieso
Chauliodus sloani
Hime
Aulopus japonicus
Tokage-eso
Saurida elongata
Maeso
S. sp.
Wanieso
S. wanieso

Okieso
Trachinocephalus myop

Hoshinoeso
Synodus hoshinonis

Chouchoueso
S.macrops

Hikarifude-eso
Scopelosaurus hoedti

Aome-eso
Chlorophthalmus albatrossis

Maruaome-eso
C.borealis

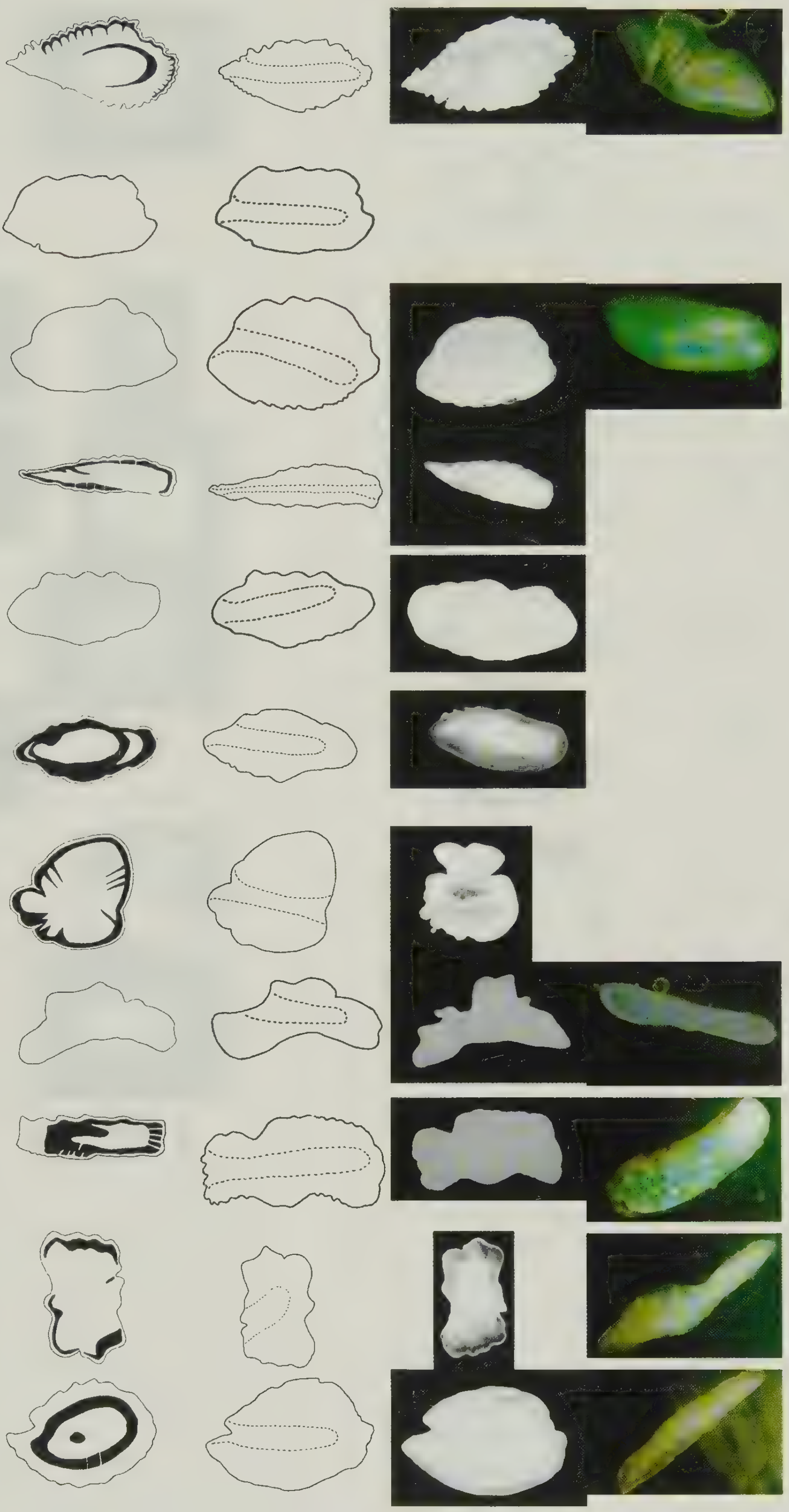
Mizu-uo
Alepisaurus ferox

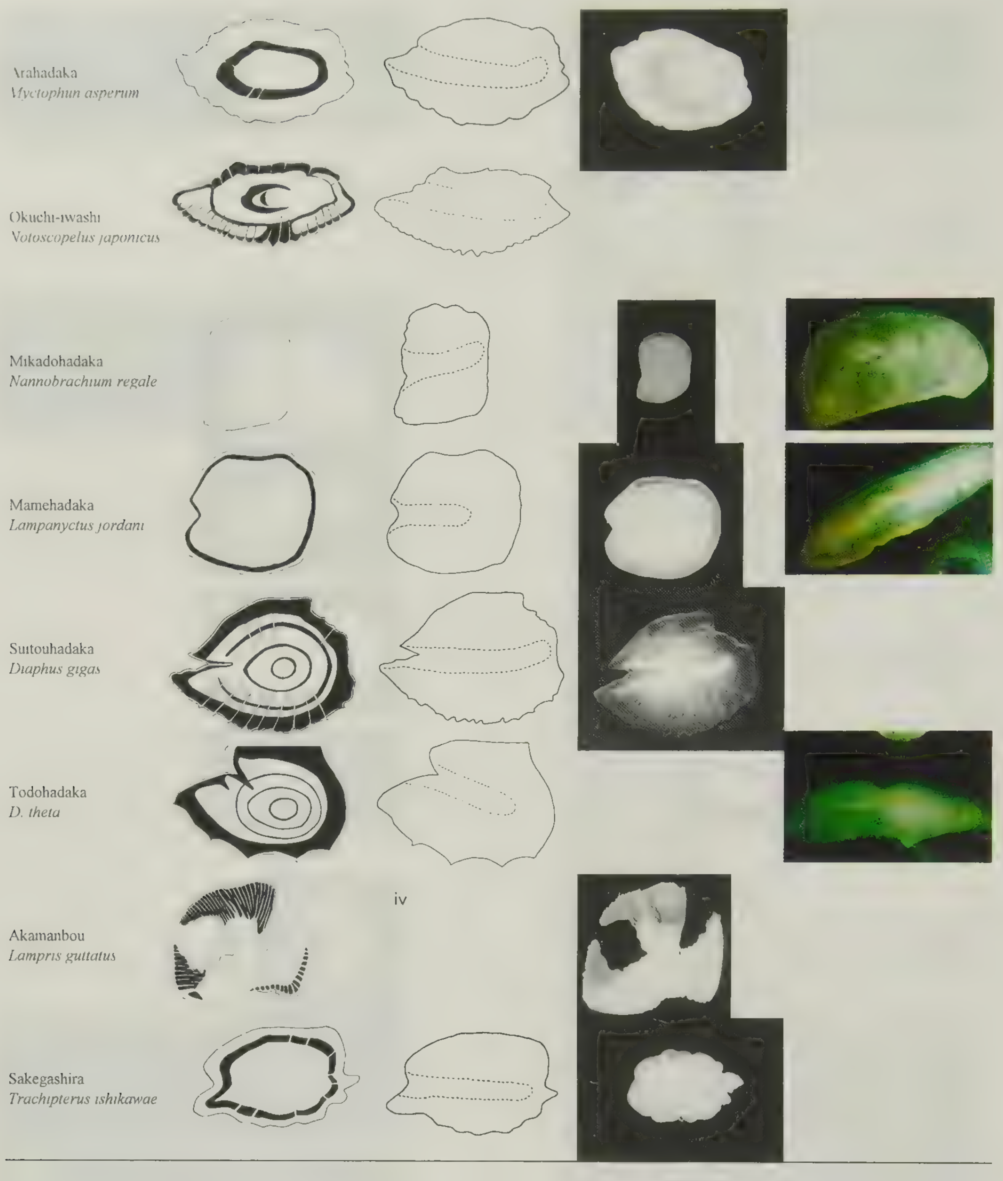
Kusabiuroko-eso
Paralepis atlantica

Futasujinamehadaka
Lestrolepis intermedia

Deme-eso
Benthalbella linguidens

Nagahadaka
Symbolophorus californiensis




Arahadaka
Myctophum asperum
Okuchi-iwashi
Notoscopelus japonicus
Mikadohadaka
Nannobrachium regale
Mamehadaka
Lampanyctus jordani
Suitouhadaka
Diaphus gigas
Todohadaka
D. theta
iv
Akamanbou
Lampris guttatus
Sakegashira
Trachipterus ishikawae

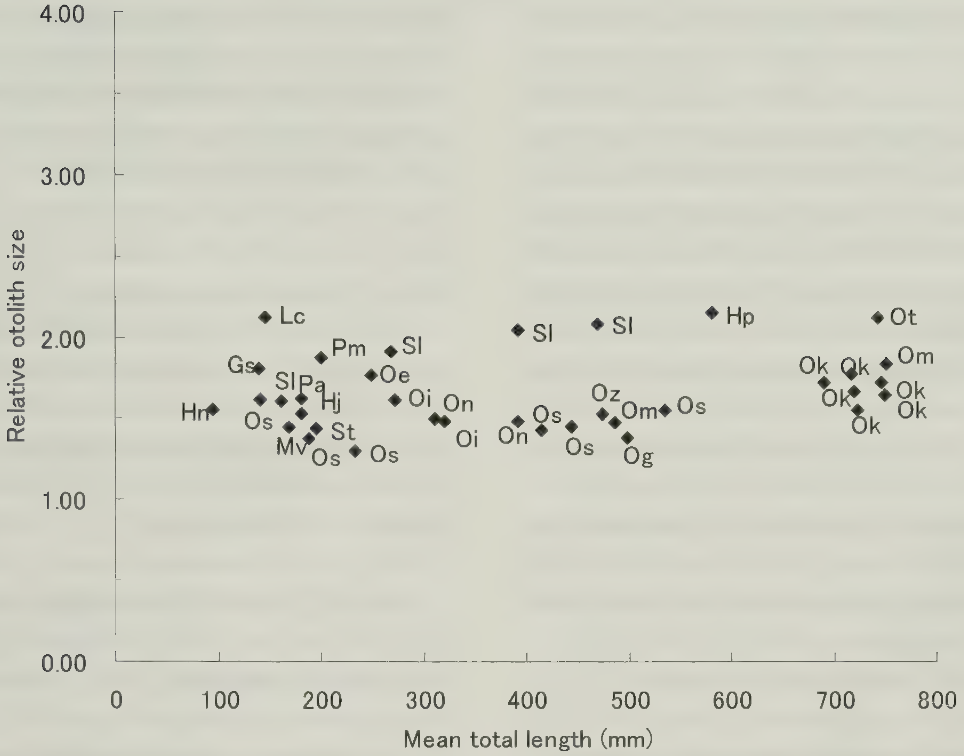


Fig. 2-8. Relation of otolith length:height ratio to total length (Salmoniformes). Abbreviations see table 2-3.

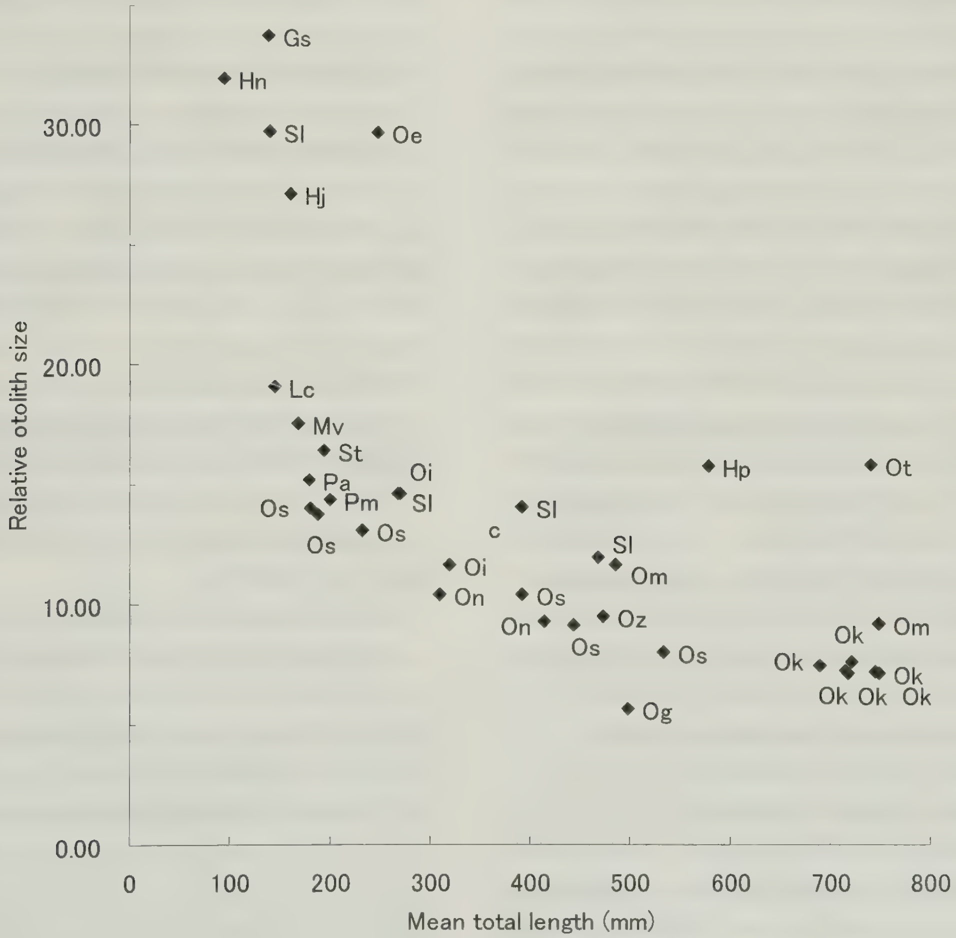


Fig. 2-9. Relation of otolith size index to total length (Salmoniformes). Abbreviations see table 2-3.

ューファンドランド島沿岸，グリーンランド島近海，バレンツ海，カナダ・セントローレンス湾のカペリン（Pitt, 1958, Kanneworff, 1968, Winters, 1970, Gjφaeter and Loeng, 1987, Bailey *et al.*, 1977）に関する研究報告がある。サケ科ではイワナ属（*Salvelinus*）の研究が比較的多く，国内では北海道然別湖，富山県有峰湖，島根県紙祖川，北海道礼文島，北海道南部および西部河川のイワナ，アメマス，ゴギとミヤベイワナ（Maekawa, 1978, Nakano *et al.*, 1990, 木本, 1992, 山本ら，1992, Yamamoto and Nakano, 1996, 山本ら, 1996, Takashima *et al.*, 2000），国外ではカナダ・バーフィン島，カリフォルニア東部，カナダ・アルバータ州，ノルウェー近海のベア島の Arctic char（*Salvelinus alpinus*），Brook trout（*S. fontinalis*）と Bull charr（*S. confluentus*）に関する研究報告がある（Grainger, 1953, Reimers, 1979, Carl *et al.*, 1989, Kristoffersen and Klemetsen, 1991）。

大西洋サケ属（*Salmo*）では，ブラウントラウト（*Salmo trutta*），サケ属（*Oncorhynchus*）では，ノルウェー西部および中部南の河川湖沼，日本海山形県沖，カナダの河川湖沼，北海道洞爺湖，ワシントン州コロンビア川，モンタナ州西部のサケ，ベニザケ，サクラマス，スチールヘッド等に関する研究報告がある（Jonsson and Stenseth, 1977, Svalastog 1991, Fukuwaka, 1996, Bilton and Jenkinson, 1968, 1969, Yamamoto *et al.*, 2000, Peven *et al.*, 1994, Downs *et al.*, 1997）。シロマス属（*Coregonus*）では，ノルウェーの南西部，カナダ・ケベック州の湖沼の *Coregonus albula* と *C. clupeaformis*，カワヒメ属（*Thymallus*）では，カナダ・ユーコン川下流の *Thymallus arcticus*，*Prosopium* 属では，カナダ・ケベック州の *Prosopium cylindraceum* に関する研究報告がある（Aass, 1972, Power, 1978, Barnes and Power, 1984, Sikstrom, 1983, Jessop, 1972）。また，Galaxiidae 科では，ニュージーランド南部のガラシアス属（*Galaxias*）の *G. vulgaris* と *G. fasciatus*，Prototroctidae 科では，オーストラリアの *Prototroctes maraena*，Lepidogalaxiidae 科では，オーストラリアの南西部の *Lepidogalaxias salamandroides* に関する研究報告がある（Cadwallader, 1978, Hopkins, 1979, Bishop and Bell, 1978, Morgan *et al.*, 2000, Morgan, 2003）。

サケ目魚類は，キュウリウオ科，アユ科，シラウオ科とサケ科の大部分が有用種であるので，リュウキュウアユ，ゴキ，ビワマス等の希少種等を除き，殆どの魚種が採集できる。本研究では，キュウリウオ科5種，アユ科1種，シラウオ科1種，サケ科16種の計23種から耳石を採集した。なお，サケ科のオオメマスは北海道沿岸ではトキシラズとも言われ，アジア系サケの系群（オホーツク群）の未成魚であり（落合・田中，1986, 酒井, 1986），中坊（2000）には記載されていない。しかし，三陸沿岸では，銘柄として陸揚げされているので，本稿ではサケとは別に記載した。

10-1．キュウリウオ科 Osmeridae

シシャモ *Spirinchus lanceolatus*

外形は全縁に凹凸がみられる楕円形（B 型）で，前角はやや発達するが，前上角があまり発達せず，欠刻はやや不明確である。側面形は半広線形（c 型）か棒状形（B 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（II_1型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

カラフトシシャモ *Mallotus villosus*

外形ははやや丸茄子形状の楕円形（B 型）で，前角は発達するが，前上角があまり発達せず，欠刻はやや明確である。欠刻部は幅広く，シシャモとは明確に相違する。側面形は棒状型（b 型）か弱い反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が中央から後部にがみられる。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（II_1型）。輪紋は表面観察で明瞭で，年齢査定が可能である。

キュウリウオ *Osmerus eperlanus*

外形は楕円形（B 型）で，前角と前上角がやや発達し，欠刻はやや明確である。側面形は弱い反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（II_1型）。輪紋は，表面観察では不明瞭であるが，薄片観察では明瞭な年輪構造が観察される。

チカ *Hypomesus japonicus*

外形は楕円形（B 型）で，前角と前上角はやや発達し，欠刻はやや明確である。側面形は棒状型（b 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（II_1型）。輪紋は，表面観察，薄片観察でやや明瞭である。

ワカサギ *Hypomesus nipponensis*

外形は楕円形（B 型）で，前角はやや発達するが，前上角が発達せず，欠刻は不明確である。側面形は弱い反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（II_1型）。輪紋は，表面観察，薄片観察でやや明瞭であり，年齢査定に用いられている。

10-2．アユ科 Plecoglossidae

アユ *Plecoglossus altivelis altivelis*

外形はやや丸茄子形状の楕円形（B 型）で，前角と前上角が発達し，欠刻は明確である。側面形は弱い反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（Ⅱ$_1$型）。輪紋は表面観察で明瞭である。

10-3．シラウオ科 Salangidae

シラウオ *Slangichthys microdon*

外形はサケ目では唯一縦長楕円形（D 型）で，欠刻は認められない。側面形は弱い逆反り状型（e 型）である。溝は前縁から中央付近まで認められる（Ⅲ型）。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

10-4．サケ科 Salmonidae

イトウ *Hucho perryi*

外形は長楕円形（C 型）で，前角と前上角が発達し，欠刻は全体的に明確であるが，前上角は個体による相違がある。側面形は反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁に達する（Ⅰ$_1$型）。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

ブラウントラウト *Salmo trutta*

外形は楕円形（B 型）で，前角と前上角が発達し，欠刻は明確である。側面形は反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁に達する（Ⅰ$_1$型）。輪紋は，表面観察では不明瞭であるが，年齢査定は行われている。

アメマス *Salvelinus leucomaenis leucomaenis*（降海型）

外形は長めの楕円形（B 型）で，前角と前上角が発達し，欠刻は明確である。側面形は弱い反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められる（Ⅱ$_3$型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭で，年齢査定が可能である。

エゾイワナ *Salvelinus leucomaenis leucomaenis*（陸封型）

外形は長楕円形（C 型）で，前角が発達するが前上角は発達せず，欠刻はやや明確である。側面形は反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められる（Ⅱ$_3$型）。アメマス同様に後端まで達しておらず特徴的である。輪紋は，表面観察でやや明瞭で，年齢査定が可能である。

ニジマス *Oncorhynchus mykiss*（陸封型）

外形は楕円形（B 型）で，前角と前上角がやや発達し，欠刻はやや明確である。側面形は弱い反り状型（a 型）である。凹面には，個体によっては弱い隆起が後部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁に達する（Ⅰ$_1$型）。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

スチールヘッド *Oncorhynchus mykiss*（降海型）

外形はやや長めの楕円形（B 型）で，前角は発達するが前上角が発達せず，欠刻はやや明確である。側面形は弱い反り状型（a 型）か棒状型（b 型）である。凹面には，個体によっては弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁に達する（Ⅰ$_1$型）。輪紋は，表面観察では不明瞭であるが，年齢査定は行われている。

サケ *Oncorhynchus keta*

外形は後部が幅広い楕円形（B 型）で，前角はやや発達するが，前上角が発達せず，欠刻は不明確である。側面形は弱い反り状型（a 型）か棒状型（b 型）である。凹面には，後部に弱い隆起，後縁部の凹み，上，下縁部の鋸歯状突起等がよくみられるが，その出現や広がりには個体による相違がある。溝は欠刻部から後方に延び，僅かに湾曲して後縁に達する（Ⅰ$_1$型）。輪紋は，表面観察では不明瞭であるが，研磨等により年齢査定が行われており，薄片観察では容易に査定が出来る。また，異常な輪相（全面が殆ど透明なもの，縁辺部以外は不透明なもの，上，下あるいは前，後のほぼ半域が透明なもの等）や不透明部分の突出等，特異な輪紋を示す個体が比較的多く出現することが知られている。

オオメマス *Oncorhynchus keta*（オホーツク群）

外形は楕円形（B 型）で，前角と前上角がやや発達し，欠刻はやや明確である。側面形は弱い反り状（a 型）型か棒状型（b 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁に達する（Ⅰ$_1$型）。輪紋は，表面観察ではやや不明瞭である。

ヒメマス *Oncorhynchus nerka nerka*

外形は楕円形（B 型）で，前角はやや発達するが，前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は弱い反り状型（a 型）である。後縁部には，比較的大きい凹みがみられが，その大きさには個体による相違がある。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁に達する（Ⅰ$_1$型）。輪紋は，表面観察では不明瞭であるが，薄片観察では輪紋構造がみられる。

カラフトマス *Oncorhynchus gorbuscha*

外形はやや短めの楕円形（B 型）で，前角は発達しないが，前上角がやや発達し，欠刻はやや明確である。側面形は弱い反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁に達する（Ⅰ$_1$型）。輪紋は，表面観察ではやや不明瞭である。

マスノスケ *Oncorhynchus tschawytscha*

外形は長楕円形（C 型）で，前角はやや発達するが，前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁に達する（I_1型）。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

ギンザケ *Oncorhynchus kisutch*

外形は楕円形（B 型）で，前角は発達しないが，前角がやや発達し，欠刻はやや明確である。側面形は反り状型（a 型）である。凹面には，個体によっては弱い隆起が後部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，僅かに湾曲して後縁に達する（I_1型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

サクラマス *Oncorhynchus masou masou*（降海型）

外形は楕円形（B 型）で，前角は発達しないが，前上角がやや発達し，欠刻はやや明確である。側面形は反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁に達する（I_1型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭で，年齢査定が可能である。

ヤマメ *Oncorhynchus masou masou*（陸封型）

外形は楕円形（B 型）で，前角と前上角がやや発達し，欠刻はやや明確である。側面形は反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁に達する（I_1型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

サツキマス *Oncorhynchus ishikawae*（降海型）

外形は楕円形（B 型）で，前角と前上角がやや発達し，欠刻はやや明確である。側面形は弱い反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁に達する（I_1型）。輪紋は表面観察で明瞭で，年齢査定は可能である。

アマゴ *Oncorhynchus ishikawae*（陸封型）

外形は楕円形（B 型）で，前角がやや発達し，前上角は発達しないが，欠刻はやや明確である。側面形は反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁に達する（I_1型）。輪紋は表面観察で明瞭で，年齢査定は可能である。

サケ目魚類（一部ニギス目を含む）の耳石長比と相対耳石サイズを種間で比較する。耳石長比は，キュウリウオ科とアユ科では1.45 ～ 1.77の範囲で，魚種間の相違は殆ど認められない。サケ科では1.39 ～ 2.16の範囲で，イトウが最も大きく，カラフトマスが最も小さい。降海型のスチールヘッドは同種である陸封型のニジマスに比べ，若干数値が大きい。また，サケでは，地域的な相違はみられない。全体的にみて，サケ目魚類は1.92 ～ 2.16の大グループ（サケ科５種）と1.39 ～ 1.77の小グループ（キュウリウオ科４種，アユ科１種とサケ科11種）に分けられる。また，ニギス目魚類３種の数値は1.81 ～ 2.13で，大グループとほぼ同様な数値を示している。相対耳石サイズは，キュウリウオ科とアユ科では15.20 ～ 31.97の範囲で，ワカサギが最も大きく，アユが最も小さい。サケ科では5.62 ～ 16.41の範囲で，ブラウントラウトが最も大きく，カラフトマスが最も小さい。また，サケでは，地域による相違はみられない。サケ科の各魚種は数値の大きさから，15 ～ 16の大グループ（イトウ，ブラウントラウトとマスノスケ），10 ～ 14の中グループ（アメマス，エゾイワナ，ニジマス，カラフトマス，サクラマス，ヤマメ，サツキマスとアマゴ）と６ ～ ９の小グループ（スチールヘッド，サケ，カラフトマス，サクラマスとオオメマス）の３グループに分けられる。このようなグループの分離は，面積指数を用いた相対耳石サイズの検討でも認められる。ニギス目魚類３種では，クロソコイワシの値は大グループ，他の２種の数値はキュウリウオ科とほぼ同様である。

以上，サケ目魚類の耳石形態の特徴をまとめると，外形は楕円形（B 型）主体で，イトウ，エゾイワナとマスノスケが長楕円形（C 型）である。前角と前上角はあまり発達せず，欠刻は明確でない。側面形は，殆どが弱い反り状型（a 型）である。溝はシラウオを除いて比較的明瞭であり，全てが欠刻付近から後縁もしくはその付近まで達している。I_1型が主体で，その他にII_1型（キュウリウオ科とアユ科），II_3型（サケ科のアメマスとエゾイワナ）が存在する。

なお，サケ目魚類には，異常な形状を呈した耳石が散見された。異常（奇形）耳石については，道南のニジマスとカナダ・バンクーバー島のマスノスケに関する報告（Mugiya 1972, Gauldie 1986）がある。サケで最も多く，ニジマス，ギンザケ，ヤマメ，イトウとワカサギにも出現し，左右の耳石が異常の個体もあるが，大部分は，左右いずれかの一個の耳石が異常であるというパターンが多かった。

11. ワニトカゲギス目（Stomiiformes）（Table 2-4, Figs. 2-7, 2-10, 2-11）

日本産のワニトカゲギス目魚類は，９科99種あり種数が多い。しかし，非食用魚であり産業上の有用種は存在しないため，耳石に関する形態，年齢研究は少ない。形態研究では，北西大西洋のヨコエソ科３種，ムネエソ科５種とワニトカゲギス科４種について，凹凸両面の写真画像が提示されている（Campana, 2004）。南アフリカ周辺海域では，ヨコエソ科４種，ムネエソ科11種，ギンハダカ科２種，ホウライエソ

科2種，ワニトカゲギス科1種，ホウライエソ科2種，トカゲハダカ科4種，ホテイエソ科6種，ホウキボシエソ科1種，ミツマタヤリウオ科2種について，写真画像とともに形態の詳細な記載が示されている（Malcolm *et al.*, 1995）。耳石化石の研究では，静岡県掛川市のムネエソ科に関する報告がある（大江，1983）。また，日本近海のクジラ類の胃内容物の耳石にムネエソ科が出現する（Fitch and Brownell, 1968）。年齢研究では，日本海南西海域に生息するムネエソ科のキュウリエソに関する報告がある（由木，1984）。ワニトカゲギス目魚類は種数は多いが，本研究で耳石が採集されたのは，ムネエソ科1種，ホウライエソ科1種に留まった。

11-1．ムネエソ科 Sternoptychidae

キュウリエソ *Maurolicus japonicus*

外形は前角が尖った三角形（F 型）で，前角と前上角がやや発達し，欠刻は明確である。側面形は弱い反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が中央から後部にみられる。溝は細く浅いが，欠刻部から中央付近まで認められる（Ⅲ型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭で，年齢査定が可能である。

11-2．ホウライエソ科 Chauliodontidae

ホウライエソ *Chauliodus sloani*

外形は下縁を底辺とする三角形（F 型）である。前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確で，キュウリエソとは全く異なる外形である。側面形は弱い反り状型（a 型）である。溝の形状は不明である。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

耳石長比は，キュウリエソが1.19，ホウライエソが1.07で，殆ど相違がない。相対耳石サイズは，キュウリエソが27.98で大きいが，ホウライエソは4で著しく小さい。

12. ヒメ目（Aulopiformes）（Table 2-4, Figs. 2-7, 2-10, 2-11）

日本産のヒメ目魚類は11科86種が知られている。マエソ，トカゲエソ等のエソ科が練り製品として利用され，殆どが底曳網で漁獲される。しかし，耳石に関する形態，年齢研究は比較的少ない。形態研究では，熊野灘尾鷲沖のアオメエソ科（Chlorophthalmidae）のアオメエソに関する形状特徴，日本産ヒメ科（Aulopodidae）ヒメとアオメエソ科（Chlorophthalmidae）3種，北太平洋亜寒帯海域のフデエソ科ハリーフデエソ，南極周辺海域のデメエソ科（Scopelarchidae）2種，ハダカエソ科（Paralepididae）4種の外形および溝の形状に関する報告がある（Suzuki, 1967, Ohe, 1985, 窪寺・古橋，1987, Hecht, 1987）。また，北西大西洋に生息するミズウオ科2種，アオメエソ科2種，チョウチョウハダカ科1種，ハダカエソ科3種とエソ科1種について，凹凸両面の写真画像が提示されている（Campana, 2004）。さらに，南アフリカ周辺海域のアオメエソ科2種，デメエソ科2種，フデエエソ科2種，エソ科6種，ハダカエソ科4種，ミズウオ科1種について，写真画像とともに形態の詳細な記載が示されている（Malcolm *et al.*, 1995）。年齢研究では，地中海スペイン沖のアオメエソ科の *Bathypterois mediterraneus*，鹿児島湾のハダカエソ科のハダカエソに関する報告がある（Morales-Nin *et al.*, 1996, Harada and Ozawa, 2003）。

ヒメ目魚類は底びき網漁獲物に比較的多く混獲されるので，標本魚はヒメ目では，ヒメ科が1種，エソ科が6種，フデエソ科が1種，アオメエソ科が2種，ミズウオ科が1種，ハダカエソ科が2種，デメエソ科が1種の計13種が得られた。

12-1．ヒメ科 Aulopodidae

ヒメ *Aulopus japonicus*

外形は長めの楕円形（B 型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は弱い反り状型（a 型）か棒状型（b 型）である。凹面には，弱い隆起が中央部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，後部付近から下方に曲がり下縁後部に達する（I_2型）。輪紋は表面観察で明瞭である。

12-2．エソ科 Synodontidae

トカゲエソ *Saurida elongata*

外形はやや幅広い広線形（E 型）で，前角は発達するが，前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は弱い反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が中央部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（II_1型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

マエソ *Saurida* sp.

外形はやや幅広い広線形（E 型）で，前角は発達するが，前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は反り状型（a 型）である。溝は前縁から後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められる（II_3型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

ワニエソ *Saurida wanieso*

外形はやや幅広い広線形（E 型）で，前角は発達す

るが，前上角は発達せず，欠刻は不明確である。マエソ属３種の耳石は，非常によく似た外形をしている。側面形は反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（Ⅱ₁型）。輪紋は表面観察で明瞭である。

オキエソ *Trachinocephalus myops*

外形は前角が尖った楕円形（B 型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が後部にみられる。溝は前縁から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（Ⅱ₁型）。輪紋は表面観察で明瞭である。

ホシノエソ *Synodus hoshinonis*

外形は楕円形（B 型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が後部にみられる。溝は前縁から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（Ⅱ₁型）。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

チョウチョウエソ *Synodus macrops*

外形は楕円形（B 型）で，前角は発達しないが，前上角がやや発達し，欠刻はやや不明確である。側面形は弱い反り状型（a 型）か棒状型（b 型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にがみられる。溝は欠刻部から後方に延び，僅かに湾曲して後縁付近まで認められる（Ⅱ₁型）。輪紋は表面観察でも薄片観察でも不明瞭である。

12-3．フデエソ科 Notosudidae

ヒカリフデエソ *Scopelosurus hoedti*

外形は広線形（E 型）で，前角は発達するが，前上角が発達せず，欠刻は不明確である。側面形は弱い反り状型（a 型）か棒状型（b 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁に達するが，後縁部で幅が広くなる（Ⅰ₁型）。輪紋は表面観察で明瞭である。

12-4．アオメエソ科 Chlorophthalmidae

アオメエソ *Chlorophthalmus albatrossis*

外形は長楕円形（C 型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は弱い反り状型（a 型）か棒状型（b 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められる（Ⅱ₃型）。輪紋は表面観察でも薄片観察でも不明瞭である。

マルアオメエソ *Chlorophthalmus borealis*

外形は長楕円形（C 型）で，前角と前上角が発達せず，欠刻は不明確である。側面形は弱い反り状型（a 型）か棒状型（b 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められる（Ⅱ₃型）。輪紋は表面観察でも薄片観察でも不明瞭である。

12-5．ミズウオ科 Alepisauridae

ミズウオ *Alepisaurus ferox*

外形は円形に近い楕円形（B 型）で，前角と前上角は発達しないが，欠刻はやや明確である。側面形は半広線形型（c 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁に達する（Ⅰ₁型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

12-6．ハダカエソ科 Paralepididae

クサビウロコエソ *Paralepis atlantica*

外形は鳥が翼を広げた状態にやや似た不定形（Ⅰ型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻は幅広く不明確である。側面形は反り状型で（a 型）ある。溝は浅く広く，欠刻部から後方に延び，中心と後縁の中間付近まで認められる（Ⅱ₃型）。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

フタスジナメハダカ *Lestrolepis intermedia*

外形は長方形的な不定形で（Ⅰ型），前角は発達するが，前上角が発達せず，欠刻は不明確である。側面形は反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，中心と後縁の中間付近まで認められる（Ⅱ₃型）。輪紋は表面観察でも薄片観察でも不明瞭である。

12-7．デメエソ科 Scopelarchidae

デメエソ *Benthalbella linguidens*

外形は四角形状の縦長楕円形（D 型）で，前角と前上角が発達せず，欠刻は不明確である。側面形は弱い反り状型（a 型）でである。溝は幅広く，欠刻部から僅かに斜め上方に伸び，中央後部付近まで認められる（Ⅱ₃型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

ヒメ目魚類の耳石長比および相対耳石サイズを種間で比較すると，耳石長比は5.06～0.54の範囲であり，ヒカリフデエソが最も大きく，最も小さいがデメエソで（次いでミズウオの1.32），両者の相違は著しく大きい。また，マエソとワニエソでは，体長の大きいグループの数値がやや大きくなっている。体長との関係をみると，比較的体長の小さいヒカリフデエソが極端に大きく，最も体長の大きいミズウオが小さい。また，エソ科では，マエソ属のマエソ，トカゲエソとワニエソは３以上の数値を示したが，その他の魚種は1.6～2.8内にある。相対耳石サイズは，37.20～0.86の範囲で，エソ科のオキエソが最も大きく，ミズウオ科のミズウオが最も小さく，耳石長比と同様に両者の相違は著しい。科別には，ヒメ科，エソ科５種とアオメエソ

科が25以上，エソ科2種，フデエソ科とハダカエソ科が20～10の範囲，デメエソ科は7で，ミズウオ科に次いで小さい。全体的にみて，各魚種の数値には，科や属の分類体系上の相違や体長との関係は認められない。

ヒメ目の耳石形態の特徴としては，科毎に様々な形状を示し，目としての統一性がほとんどみられないことが挙げられる。特にハダカエソ科の耳石外形の不定形は特徴的である。

13. ハダカイワシ目（Myctophiformes）（Table 2-4, Figs. 2-7, 2-10, 2-11）

日本産のハダカイワシ目魚類は2科92種が知られている。ハダカイワシ目魚類は，一部地域で食用にされるものの，産業上の有用種はほとんど無い。しかし，外洋域におけるマイクロネクトンとしてバイオマスも大きく，魚食性有用魚類や海生哺乳類の重要な餌生物になっていること等から，耳石に関する形態，年齢研究が行われている。形態研究では，世界の海域のハダカイワシ科（Myctophidae）カガミイワシ属9種，日本産ハダカイワシ科9種，南極周辺海域のハダカイワシ科13種，北太平洋亜寒帯海域のハダカイワシ科14種の外形，側面形と溝の形状等の特徴（Nafpaktitis and Paxton, 1968, Ohe, 1985, Hecht, 1987. 窪寺・古橋，1987），カリフォルニア近海の ハダカイワシ科6種の溝の形状と側面形の比較（Gago, 1983），メキシコ湾東部のハダカイワシ科3種の耳石の成長に伴う外形の変化（Gartner, Jr. 1991），西部太平洋のハダカイワシ科36種の耳石形の特徴による種の同定法（大泉ら，2001）に関する研究が行われている。また，北西大西洋のハダカイワシ科41種について，凹凸両面の写真画像が提示されている（Campana, 2004）。さらに，南アフリカ周辺海域のハダカイワシ科69種について，写真画像とともに形態の詳細な記載が示されている（Malcolm *et al.*, 1995）。耳石化石の研究では，メキシコ湾沿岸部，カリフォルニア沿岸部，静岡県掛川市と神奈川県北部，ベネズエラ北西部のハダカイワシ科単独種や複数種に関する報告がある（Frizzell and Dante, 1965, Fith, 1966, 1967ab, 1968, 大江，1983, 1991, Aguilera and Aguilera, 2001）。また，日本近海のクジラ類，カリフォルニア海域のマグロ類やアシカの胃内容物の耳石に，ハダカイワシ科の多くの魚種が出現している。年齢研究では，東北海域のハダカイワシ科のススキハダカ（小達，1966），北西大西洋の *Benthosema glaciale*（Halliday 1970），北太平洋の *Stenobrachius leucopsarus*（Smoker and Pearcy, 1970），駿河湾のイワハダカ（Go *et al.*, 1977ab），アルゼンチン沖の *Gymnoscopelus nicholsi*（Linkowski, 1985），ベーリング海のコレヒハダカ（Nishimura *et al.*, 1999）に関する報告がある。

ハダカイワシ目魚類を採集するには，調査船調査による稚魚ネットや中層曳ネットによる試験操業が必須となる。本研究では，これらの採集物からハダカイワシ科の7種を得た。

13-1．ハダカイワシ科 Myctophidae

ナガハダカ *Symbolophorus californiensis*

外形はやや丸みを帯びた楕円形（B型）で，前角と前上角がやや発達し，欠刻は明確である。側面形は半広線型（c型）である。溝は欠刻部から後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められる（II_3型）。輪紋は表面観察で明瞭で，年齢査定は可能である。

アラハダカ *Myctophun asperum*

外形はほぼ正常な楕円形（B型）で，前角はやや発達するが，前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は不明である。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（II_1型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭で，年齢査定は可能である。

オオクチイワシ *Notoscopelus japonicus*

外形は長楕円形（C型）で，前角は発達するが前上角が発達せず，欠刻は幅広く不明確である。側面形は不明である。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（II_1型）。輪紋は表面観察で明瞭である。

ミカドハダカ *Nannobrachium regale*

外形は角ばった縦長楕円形（D型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は弱い反り状型（a型）である。溝は欠刻部から僅かに斜め上方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（II_1型）。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

マメハダカ *Lampanyctus jordani*

外形は円形（A型）で，前角は発達しないが，前上角がやや発達し，欠刻はやや明確である。側面形は棒状型（b型）か半広線形型（c型）である。溝は欠刻部から中央付近まで認められる（Ⅲ型）。輪紋は表面観察で明瞭で，年齢査定は可能である。

スイトウハダカ *Diaphus gigas*

外形は円形に近い楕円形（B型）で，前角と前上角はやや発達し，欠刻は明確である。側面形は不明である。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（II_1型）。輪紋は表面観察で明瞭で，年齢査定は可能である。

トドハダカ *Diaphus theta*

外形は円形に近い楕円形（B型）で，前角と前上角

は発達し，欠刻は明確である。側面形は半広線形型（c型）である。凹面には，弱い隆起が中央部にみられる。また，下縁に数個の歯状突起があり，突起間が曲線状に凹んでいる。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに中央部後方まで認められる（Ⅱ$_3$型）。輪紋は表面観察で明瞭で，年齢査定は可能である。

耳石長比は0.75～2.10の範囲で，オオクチイワシが最も大きく，ミカドハダカ（縦長楕円形）が最も小さい。マメハダカは1.07で，ミカドハダカに次いで小さいが，他の4種は1.33～1.54の数値内にあり，殆ど相違はみられない。相対耳石サイズは9.65～43.22の範囲で，スイトウハダカが最も大きく，ミカドハダカが最も小さいが，他の5種は28～38の数値内にある。

ハダカイワシ目魚類の耳石形態を要約すると，前角と前上角はやや発達し，欠刻はほぼ明確である。側面形は半広線形型（C型）の魚種が多い。溝は，マメハダカ（C型）以外はB型である。B型はB$_1$型主体でB$_3$型もある。トドハダカの下縁の歯状突起は，7種間では特異な形状である。

ハダカイワシ類耳石の溝は，比較的明瞭である。溝の形状は科や種の重要な識別要因の一つであるが，大泉 他（2001）によると胃内容物のハダカイワシ類の耳石では，表面が消化されている場合が多く特徴が失われている事も多いと言う。アカイカの胃内容物には，サンマ，マイワシ，マサバ等の他に，ハダカイワシ類と思われる耳石が数多く出現するが，溝の形状は消化のため不明確であった（飯塚ら，1985）。溝による種判別法は耳石化石等で重要であるが，胃内容物の耳石の識別には必ずしも適していないと考えられる。

14. アカマンボウ目（Lampridiformes）（Table 2-4, Figs. 2-7, 2-10, 2-11）

日本産のアカマンボウ目魚類は5科11種とされている。殆どが稀少種で，稀に延縄や底びき網に混獲される程度である。アカマンボウ目魚類の耳石に関する形態，年齢研究は殆どみられない。形態研究では日本産のフリソデウオ科のサケガシラについて，外形と溝の形状等の特徴に関する報告がある（Ohe, 1985）。また，北西大西洋のアカマンボウについて，凹凸両面の写真画像が提示されている（Campana, 2004）。さらに，南アフリカ周辺海域のアカナマダ科1種，フリソデウオ科1種，リュウグウノツカイ科1種，Ateleopodidae 科1種について，写真画像とともに形態の詳細な記載が示されている（Malcolm *et al.*, 1995）。年齢に関する研究は見当たらない。本研究では，アカマンボウ科，フリソデウオ科から各々1種ずつの耳石を収集した。

14-1．アカマンボウ科 Lampridae

アカマンボウ *Lampris guttatus*

外形は翼を広げた鳥によく似た不定形（Ⅰ型）で，欠刻状の2つの切り込みが顕著であり，種としての特徴的な外形を示している。側面形，隆起と溝の形状は不明である。輪紋は，表面観察では不明瞭で，透明と不透明部分が認められる。

14-2．フリソデウオ科 Trachipteridae

サケガシラ *Trachipterus ishikawae*

外形は楕円形（B型）で，前角と前上角が発達せず，欠刻は不明確である。外形や欠刻には，個体による変異がある。側面形は弱い反り状型（a型）である。凹面の前部にには，弱い隆起がみられる。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（Ⅱ$_1$型）。輪紋は，表面の観察でやや明瞭である。

耳石長比はアカマンボウが1.13，サケガシラは1.73で，両者にやや相違が認められる。相対耳石サイズは4.90と2.09で，両者とも非常に小さい。

15. タラ目（Gadiformes）（Table 2-5, Figs. 2-12, 2-13, 2-14）

日本産タラ目魚類は，7科99種が知られている。タラ科のスケトウダラとマダラが多獲性底魚類であり，また，チゴダラ科とソコダラ科の複数種が練り製品で利用されているスケトウダラの代替種として，底びき漁業で漁獲されている。世界的にみてもタラ目魚類は世界の各海域に広く分布し，大西洋マダラ，ハドックやメルルーサ科等，主に底びき網や延縄で漁獲される産業上の重要種である。したがってこれらの魚種については，資源研究が積極的に行われてきた。耳石による形態，年齢研究もその一環として進められてきたが，多獲性の魚類だけでなく，チゴダラ科やソコダラ科においても行われており，研究報告は他の目魚類に比べて著しく多い。形態研究については形態特徴の記載，系群判別と異常耳石，耳石化石等に関する研究に分けて述べる。外形や溝の形状等の形態研究は，タラ科（Gadidae）では北海の大西洋マダラ，飼育幼魚のスケトウダラ（Fryd, 1901, Bailey *et al.*, 1995），チゴダラ科（Moridae）では北大西洋東部のカナダダラ等12種，北西太平洋のカラスダラ（Fitch and Barker, 1972, Kanayama *et al.*, 1978），ソコダラ科（Macrouridae）ではニュージーランド，タスマニアとフォークラン

Table 2-4. Sample list used for otolith measurement (Stomiiformes, Aulopiformes, Myctrophiformes, Lampriformes)

Family	Japanese name	Scientific name	Abbre-viation	Size category	Sample size	Mean total length	Range	Otolith length (mm)	Otolith width (mm)	Otolith area index	Length: height ratio	Relative otolith size	Code of external-side-sulcus forms		
Sternoptychidae															
	Kyurieso	*Maurolicus japonicus*	Mj		22	49	37-61	1.46	1.22	3.64	1.19	27.98	F	a	III
Chauliodontidae															
	Houraieso	*Chauliodus sloani*	Cs		1	222		0.80	0.75	0.27	1.07	3.60	G	a	nd
Aulopodidae															
	Hime	*Aulopus japonicus*	Aj		14	139	100-178	4.15	2.14	6.39	1.95	30.21	B	a	I$_2$
Synodontidae															
	Tokage-eso	*Saurida elongata*	Se		7	275	173-393	6.84	2.36	5.87	3.80	24.57	E	a	II$_1$
	Ma-eso	*S.* sp.	Ss	Small	10	170	107-242	5.65	2.05	6.81	2.75	33.90	E	a	II$_2$
				Large	1	420	420	11.80	3.60	10.11	3.28	28.09			
	Wani-eso	*S. wanieso*	Sw	Small	1	290	290	9.40	3.10	10.05	3.30	32.41	E	a	II$_1$
				Large	1	507	507	14.81	4.62	13.50	3.21	29.21			
	Oki-eso	*Trachinocephalus myop*	Tm		5	231	146-296	8.46	4.57	16.74	1.85	37.20	B	a	II$_1$
	Hoshino-eso	*Synodus hoshinonis*	Sh		1	275	275	3.70	2.00	2.69	1.85	13.45	B	a	II$_1$
	Chouchou-eso	*S.macrops*	Sm		3	125	102-139	2.00	1.23	1.97	1.63	16.33	B	a,b	II$_1$
Notosudidae					1										
	Hikarifude-eso	*Scopelosaurus hoedti*	Sc			231	231	4.55	0.90	1.77	5.60	19.69	E	a,b	I$_1$
Chlorophthalmidae															
	Aome-eso	*Chlorophthalmus albatrossis*	Ca		3	138	121-147	3.58	1.57	4.07	2.33	26.33	D	a,b	II$_3$
	Maruaome-eso	*C. borealis*	Cb		1	130	130	3.40	1.50	3.92	2.27	26.15	D	a,b	II$_3$
Alepisauridae															
	Mizu-uo	*Alepisaurus ferox*	Af		3	1144	1043-1270	1.03	0.80	0.07	1.32	0.86	B	c	I$_1$
Paralepidinae															
	Kusabiuroko-eso	*Paralepis atlantica*	Pa		7	239	218-268	4.13	1.74	3.01	2.39	17.14	I	a	II$_3$
	Futasujinamehadaka	*Lestrolepis intermedia*	Li		2	168	168-325	3.30	1.20	2.36	2.75	19.64	I	a	II$_3$
Scopelarchidae															
	Deme-eso	*Benthalbella linguidens*	Bl		1	355	355	2.50	4.60	3.24	0.54	7.04	D	a	II$_3$
Myctophidae															
	Nagahadaka	*Symbolophorus californiensis*	Sy		4	115	49-140	4.23	2.87	10.56	1.36	36.78	B	c	II$_3$
	Arahadaka	*Myctophun asperum*	Ma		1	47	47	1.79	1.16	4.42	1.54	38.08	B	nd	II$_1$
	Okuti-iwashi	*Notoscopelus japonicus*	Nj		1	134	134	4.00	1.90	5.67	2.10	29.85	C	nd	II$_1$
	Mikadohadaka	*Nannobrachium regale*	Nr		3	199	193-204	1.90	1.90	1.81	0.75	9.65	D	a	II$_1$
	Mamehadaka	*Lampanyctus jordani*	Lj		2	92	91-92	2.52	2.35	6.44	1.07	27.70	A	b,c	III
	Suitouhadaka	*Diaphus gigas*	Dg		1	152	152	6.57	4.94	21.35	1.33	43.22	B	nd	II$_1$
	Todohadaka	*D. theta*	Dt		6	80	69-92	2.87	2.12	7.61	1.38	35.98	B	c	II$_3$
Lampridae															
	Akamanbou	*Lampris guttatus*	Lg		1	1202		5.90	5.20	2.55	1.13	4.90	I	iv	iv
Trachipteridae															
	Sakegashira	*Trachipterus ishikawae*	Ti		4	1377	931-1640	3.01	1.17	0.26	1.73	2.09	B	a	II$_1$

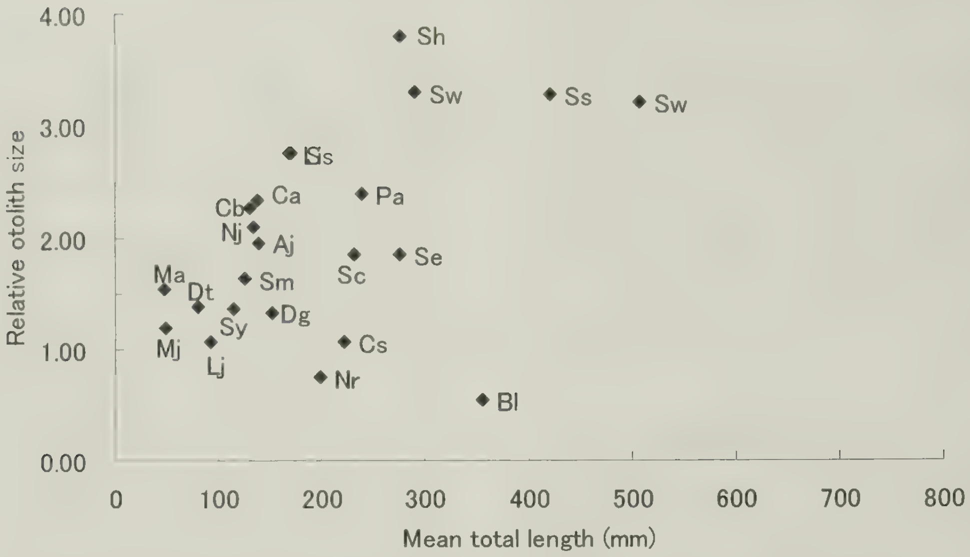


Fig. 2-10. Relation of otolith length:height ratio to total length (Stomiiformes, Aulopiformes, Myctophiformes, Lampriformes). Abbreviations see table 2-4.

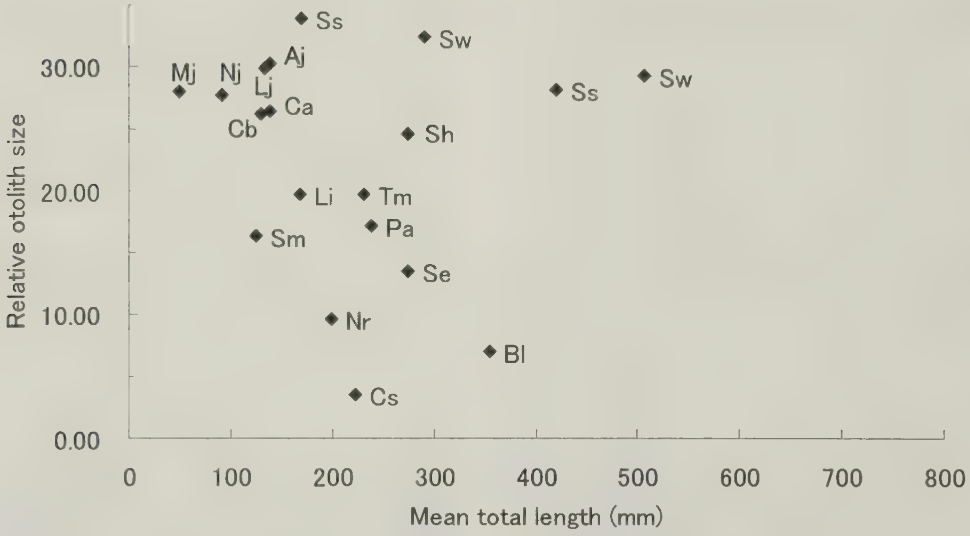


Fig. 2-11. Relation of otolith size index to total length (Stomiiformes, Aulopiformes, Myctophiformes, Lampriformes). Abbreviations see table 2-4.

ド海域，北大西洋東部海域，ニュージーランド近海のMesobius属等3種，*Coelorinchus giorna*等トウジン属（Caelorinchus）9種（Arai, 1979, Arai and Iwamoto, 1979, Merrett, 1980, McMillan and Paulin, 1993），メルルーサ科では世界各海域の15種，南アフリカ沖，アフリカ・ナミビア沖のCape heke 2種（Inada, 1981, Bothe, 1971, Lombarte, 1992）に関する報告がある。複数の科を扱った研究では，日本産のタラ科のスケトウダラ等3種，チゴダラ科のカナダダラ等4種とソコダラ科のカラフトソコダラ等17種（Ohe, 1985），南極周辺海域のタラ科の*Micromesistius australis*，チゴダラ科の*Antimora rostrata*，ソコダラ科の*Cynomacrurus piriei*等4種，メルルーサ科の*Macroronus novaezelandiae*，カワリヒレダラ科の*Mekanonus gracilis*とMuraenolepidae科の*Muraenolepis marmorata*（Hecht, 1987）に関する報告がある。外形や溝の形状特徴以外の研究では，大西洋マダラ科では飼育による成長に伴う形状の変化，ペルーとチリ沿岸のメルルーサ科（3種）では耳石の大きさと耳石外形の変化，北太平洋東部と北大西洋西部のソコダラ科（8種）では耳石形状と生息水深との関係に関する報告がある（Radtke, 1989, Torres *et al.*, 2000, Wilson, Jr. 1985）。また，北西大西洋のチゴダラ科5種，カワリヒレダラ1種，メルルーサ科2種，タラ科10種，ソコダラ科6種，Phycidae科7種について，凹凸両面の写真画像が提示されている（Campana, 2004）。さらに，南アフリカ周辺海域のチゴダラ科7種，カワリヒレダラ科2種，タラ科1種，サイウオ科2種，ソコダラ科25種，メルルーサ科3種について，写真画像とともに形態の詳細な記載が示されている（Malcolm *et al.*, 1995）。

系群識別の研究では，輪相と形状の特徴から北海道周辺海域と北西太平洋のスケトウダラ（石田，1957ab, 久新ら，1961, 林，1965，辻，1975，橋本・小谷地，1977），ノルウェー近海およびカナダ大西洋岸の大西洋マダラ（Rollefsen, 1934, Campana and Casselman, 1993）が研究されている。異常耳石では，透明，不透明部分の異常な沈積や，左右の大きさが異なる北海道周辺海域のスケトウダラが報告されている（Mugiya, 1972, Miyake, 1992）。耳石化石の研究では，ドイツ北部，メキシコ沿岸部，カリフォルニア沿岸部，ベネズエラ北西部，国内では静岡県掛川市と神奈川県北部のタラ科，チゴダラ科，ソコダラ科，サイウオ科，メルルーサ科等に関する報告がある（Campbell, 1929, Frizzell and Dante, 1965, Fitch, 1964, 1966, 1967a, 1968，大江，1983, Aguilera and Aguilera, 2001）。また，タラ目魚類は有用魚類であると共に，サメ類等の大型魚食性魚類やオットセイ，アシカやクジラ類等の海生哺乳類の重要な餌生物である。とくに，メルルーサ科を捕食する海生動物が多く，胃内容物に出現する耳石の頻度と数量が多い（Frost, 1924, Fitch and Brownell, 1968, Pinkas *et al.*, 1971, Antonelis, Jr. *et al.*, 1984, Pascoe, 1986, Mckinnon, 1994, Tollit *et al.*, 1997）。スケトウダラ幼魚の耳石は海鳥（ウミガラス類）の胃内容物から出現している（Ogi *et al.*, 1985）。

年齢研究は耳石の表，断面の輪紋読み取りで行われているが，表面に現れる輪紋が不明瞭であることから，最近は断面の薄片法による査定が主体になっている。研究報告はタラ科が最も多く，次いでメルルーサ科で，チゴダラ科とソコダラ科は比較的少ない。タラ科では，北海道周辺海域，ベーリング海，日本海，東北海域のスケトウダラ（安田，1940, Mosher, 1954，石田，1954，1963，1967, 尾形，1954, 西村，1993ab, 1997, 西村・吉村，1991, 野沢，1994），ベーリング海，陸奥湾，日本海，北海道周辺海域，東北海域のマダラ（Mosher, 1954, 桜井・福田，1984, 三宅・中山，1991, 桜井，1991, 1997, 服部ら，1992, 小田切・高坂，2000, Roberson *et al.*, 2005）とノルウェー近海，イギリス海峡，北西大西洋，バレンツ海等の大西洋マダラ（Holden, 1959, Rollefsen, 1933，1935, Menon, 1950, Smedstad and Holm, 1996, Hutchings and Myers, 1993, Trout, 1954, Williams and Bedford, 1974）に関する研究が主体である。他のタラ科では，北海道太平洋沿岸，噴火湾と厚岸湖のコマイ（陳・桜井，1993, 羽賀ら，1957），アメリカ北西部大西洋近海のHaddock（Kohler and Clark, 1958），北海，ケルト海のWhiting（Gambell and Messtorff, 1964, Potter *et al.*, 1988），ニュージーランド近海のBlue whiting（Hanchet and Uozumi, 1996），バレンツ海のArctic cod（Gjϕaeter and Ajiad, 1994），スペリオル湖のBurbot（Bailey, 1972），アメリカ北西部のメーン湾のFourbeard rockling（Deree, 1999）に関する研究報告がある。

メルルーサ科では，ペルー沖のPeruvian heke（Miss and Hamasaki, 1971），カナダ・バンクバー水域，ワシントン－オレゴン沖のPacific heke（Beamish, 1979, Dark, 1975），南アフリカ近海のCape hake（Wysokinski, 1983, Botha, 1971），地中海のEuropean hake（Morales-Nin *et al.*, 1998, Piñero and Saínza, 2003），ニュージーランド近海，オーストラリア南東海域のBlue grenadier（Hoki）（Horn and Sullivan, 1996, Kuo and Tanaka, 1984ab, 魚住，1982, Kenchington and Augustine, 1987）等，多くの魚種が研究されている。チゴダラ科では，岩手県釜石近海のエゾイソア

イナメ，東北海域，道東海域とオホーツク海のイトヒキダラとニュージーランド南部海域の Red grenadier（北川，1996, 野別ら，2002, 2003, Horn, 1996），ソコダラ科では北大西洋，ノルウェー近海のホカケダラ属の *Roundnose grenadier*（Gordon and Swan, 1996, Kelly *et al.*, 1997, Bergstad, 1990）と北東大西洋のネズミダラ属の *Nezumia aequalis*（Coggan *et al.*, 1999），東北海域のテナガダラ属のテナガダラ（藤原ら，2002）に関する研究報告がある。

本研究で耳石を採取した標本魚は，チゴダラ科が4種，タラ科が3種，ソコダラ科が9種の計16種である。

15-1．チゴダラ科 Moridae

カナダダラ *Antimora microlepis*

外形は後部が幅広く，全体的に細長く不規則な形の不定形（Ⅰ型）で，前角と前上角が発達せず，欠刻は不明確である。側面形は反りがなく，不規則な形状を示す不定形型（f 型）である。凹面には，不規則な隆起が後部にみられる。溝は明確で，欠刻部から後方に延び，後縁付近まで認められる（$Ⅱ_1$型）。輪紋は，表面観察では不明瞭であるが，薄片観察では年輪が認められる。

カラスダラ *Halargyreus johnsonii*

外形はカナダダラとほぼ同様な不定形（Ⅰ型）で，前角と前上角が発達せず，欠刻は不明確である。側面形は反りがなく，不規則な形状を示す不定形型（f 型）である。凹面には，不規則な隆起が後部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，下縁に沿って後縁付近まで認められる（$Ⅱ_1$型）。輪紋は，表面観察ではやや不明瞭である。

エゾイソアイナメ *Physiculus mzximowiczi*

外形は捩り棒形状の不定形（Ⅰ型）で，前角と前上角がやや発達し，欠刻は明確である。側面形は反りがなく，後部が幅広い不定形型（f 型）である。凹面には，瘤状の隆起が中央から後部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（$Ⅱ_1$型）。輪紋は，表面観察では不明瞭であるが，薄片観察では明瞭な年輪が認められ，年齢査定に用いられている。

イトヒキダラ *Laemonema longipes*

外形は，前部が幅広くしかもやや反りがみられる不定形（Ⅰ型）で，特異な形をしている。前角と前上角は発達しないが，欠刻はやや明確である。側面形は外形の反り等による不定形型（f 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（$Ⅱ_1$型）。輪紋は，表面観察ではやや不明瞭であるが，研磨面を観察することによって年齢査定が可能である。

15-2．タラ科 Gadidae

マダラ *Gadus macrocephalus*

外形は縁辺部に小歯状突起が発達する長楕円形（C 型）で，前角はやや発達するが，前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は反り状型（a 型）である。凹面には，ひだ状の隆起が中央から後部にみられる。溝は浅く明確でないが，前縁から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（$Ⅱ_1$型）。輪紋は，表面観察では不明瞭であるが，横断面の break and burnt 法や薄片観察で年齢査定に用いられている。

コマイ *Eleginus gracilis*

外形はマダラに相似するが，後端が延長する長楕円形（C 型）で，前角はやや発達するが，前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は反り状型（a 型）である。凹面には，マダラ同様ひだ状の隆起がみられる。溝は浅く明確でないが，欠刻部から後方に延び，後縁付近まで認められる（$Ⅱ_1$型）。輪紋は，表面観察では不明確であるが，縦，横断面から年齢査定に用いられている。

スケトウダラ *Theragra chalcogramma*

外形はマダラやコマイに相似する長楕円形（C 型）で，前角はやや発達するが，前上角が発達せず，欠刻は不明確である。側面形はやや強い反り状型（a 型）である。凹面には，ひだ状の隆起がみられるが，マダラやコマイに比べ顕著でない。溝は浅く明確でないが，前縁から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（$Ⅱ_1$型）。輪紋は，表面観察では不明瞭であるが，マダラと同様，横断面の break and burnt 法や薄片観察で年齢査定に用いられている。

15-3．ソコダラ科 Macrouridae

ヒゴソコダラ *Nezumia proxima*

外形は楕円形（B 型）で，前角はやや発達するが，前上角が発達せず，欠刻は不明確である。側面形は棒状型（b 型）である。凹面には，弱い隆起が中央部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（$Ⅱ_1$型）。輪紋は表面観察でも薄片観察でも不明瞭である。

ムネダラ *Coryphaenoides pectoralis*

外形は下縁の波状凹凸が顕著な細長い広線形（E 型）で，前角が発達，前上角はやや発達し，欠刻は明確である。側面形は反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，僅かに湾曲して後縁付近まで認められる（$Ⅱ_1$型）。輪紋は表面観察でも薄片観察でも不明瞭である。

ヒモダラ *C. longifilis*

外形は後部の幅がやや広い長楕円形（C 型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は弱い反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝はやや浅いが，欠刻部から後方に延び，僅かに湾曲して後縁付近まで認められる（Ⅱ$_1$型）。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

イバラヒゲ *C. acrolepis*

外形は楕円形（B 型）で，前角と前上角がやや発達し，欠刻はやや明確である。側面形は弱い反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は浅く明確でないが，欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（Ⅱ$_1$型）。輪紋は，表面観察でも薄片観察でも不明瞭である。

カラフトソコダラ *C. cinereus*

外形は円形に近い楕円形（B 型）で，近縁種とは異なる形である。前角と前上角が発達せず，欠刻は不明確である。側面形は半広線形型（c 型）である。凹面には，隆起がほぼ全面にみられる。溝は浅く明確でないが，欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（Ⅱ$_1$型）。輪紋は，表面観察でも薄片観察でも不明瞭である。

ハナソコダラ *C. nasutus*

外形は楕円形（B 型）で，前角と前上角が発達せず，欠刻は不明確である。側面形は棒状型（b 型）である。凹面には，隆起が下部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（Ⅱ$_1$型）。輪紋は，表面観察でも薄片観察でも不明瞭である。

テナガダラ *Abyssicola macrochir*

外形は楕円形（B 型）で，前角と前上角が発達せず，欠刻は不明確である。側面形は棒状型（b 型）である。凹面には，隆起がほぼ全面にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められる（Ⅱ$_3$型）。輪紋は，表面観察では不明瞭であるが，薄片観察による年齢査定に用いられている。

ヤリヒゲ *Caelorinchus multispinulosus*

外形は楕円形（B 型）で，前角はやや発達するが，前上角が発達せず，欠刻は不明確である。側面形は反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（Ⅱ$_1$型）。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

オニヒゲ *Caelorinchus gilberti*

外形は楕円形（B 型）で，前角はやや発達するが，前上角が発達せず，欠刻は不明確である。側面形は反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（Ⅱ$_1$型）。輪紋は表面観察でも薄片観察でも不明瞭である。

タラ目魚類の耳石長比および相対耳石サイズを種間で比較する。耳石長比は1.27 ～ 3.39の範囲で，チゴダラ科のエゾイソアイナメが最も大きく，ソコダラ科のカラフトソコダラが最も小さい。地域的な相違は，エゾイソアイナメではみられない。また，体長による相違は，マダラとスケトウダラでは明確でない。科間の比較では，カラスダラとムネダラ以外はチゴダラ科（2.69 ～ 3.39）が大きく，タラ科（2.35 ～ 2.70），ソコダラ科（1.27 ～ 2.24）の順となる。相対耳石サイズは17.38 ～ 42.86の範囲で，タラ科のスケトウダラ最も大きく，チゴダラ科のイトヒキダラが最も小さい。地域的な相違や体長による相違は耳石長比と同様に明確でない。科間による相違は明確ではないが，全体的には，体長が大きくなるに従って，相対耳石サイズが小さくなる傾向がやや認められる。

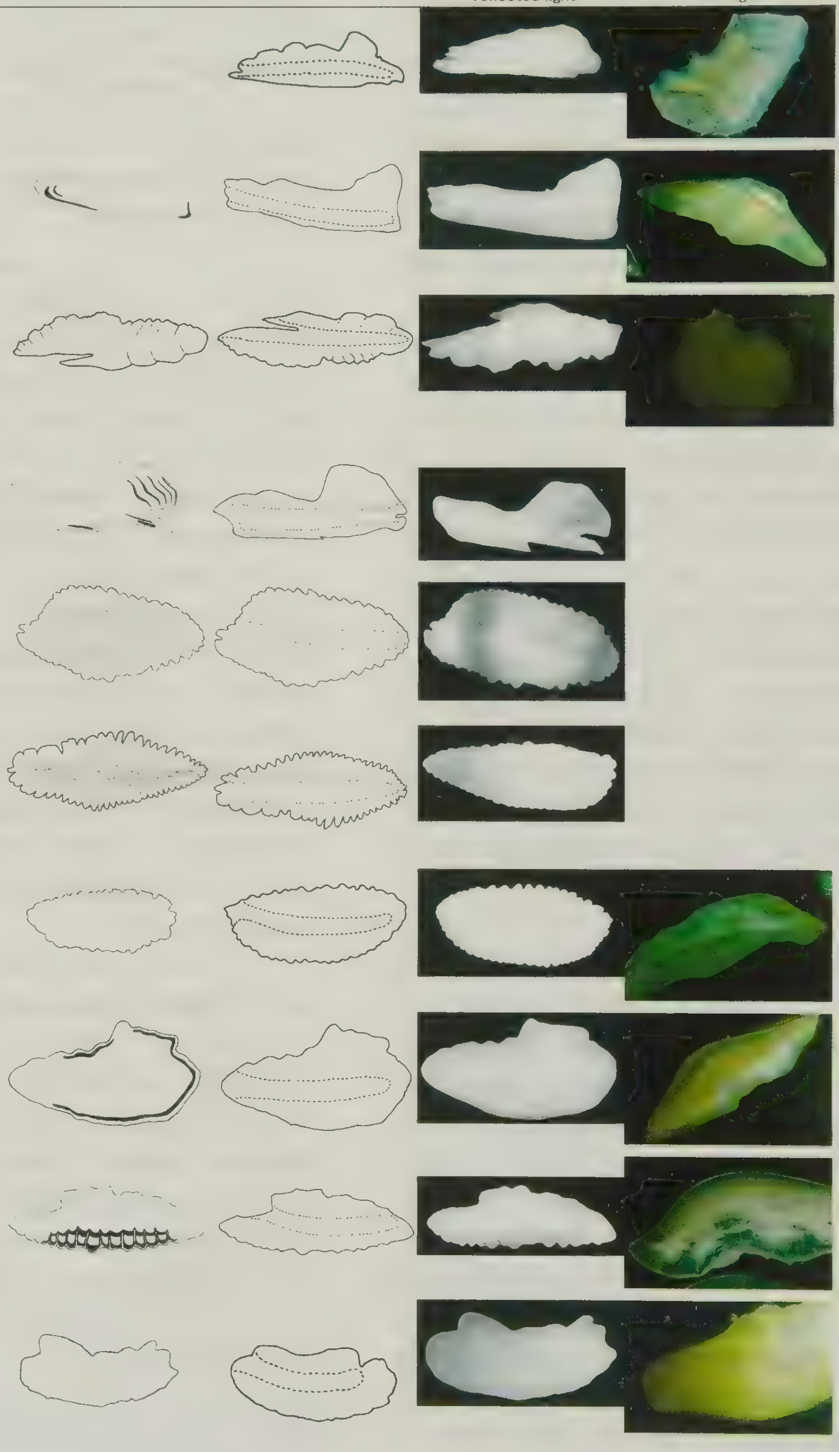
タラ目魚類の耳石形態の特徴を要約すると，外形は，チゴダラ科では不定形（Ⅰ型），タラ科では長楕円形（C 型），ソコダラ科ではヒモダラ（C 型）以外は楕円形（B 型）というように，科によって形状が異なっている。全体的にみて，前角と前上角が発達せず，欠刻は不明確である。凹面の隆起は程度の相違はあるが，殆どの魚種に認められる。溝はソコダラ科が浅く不明確である。全体的にやや浅いが，全魚種がⅡ型で，その殆どがⅡ$_1$型である。相対耳石サイズは17 ～ 43の範囲で，体長が大きくなるに従って，相対耳石サイズが小さくなる傾向がみられる。

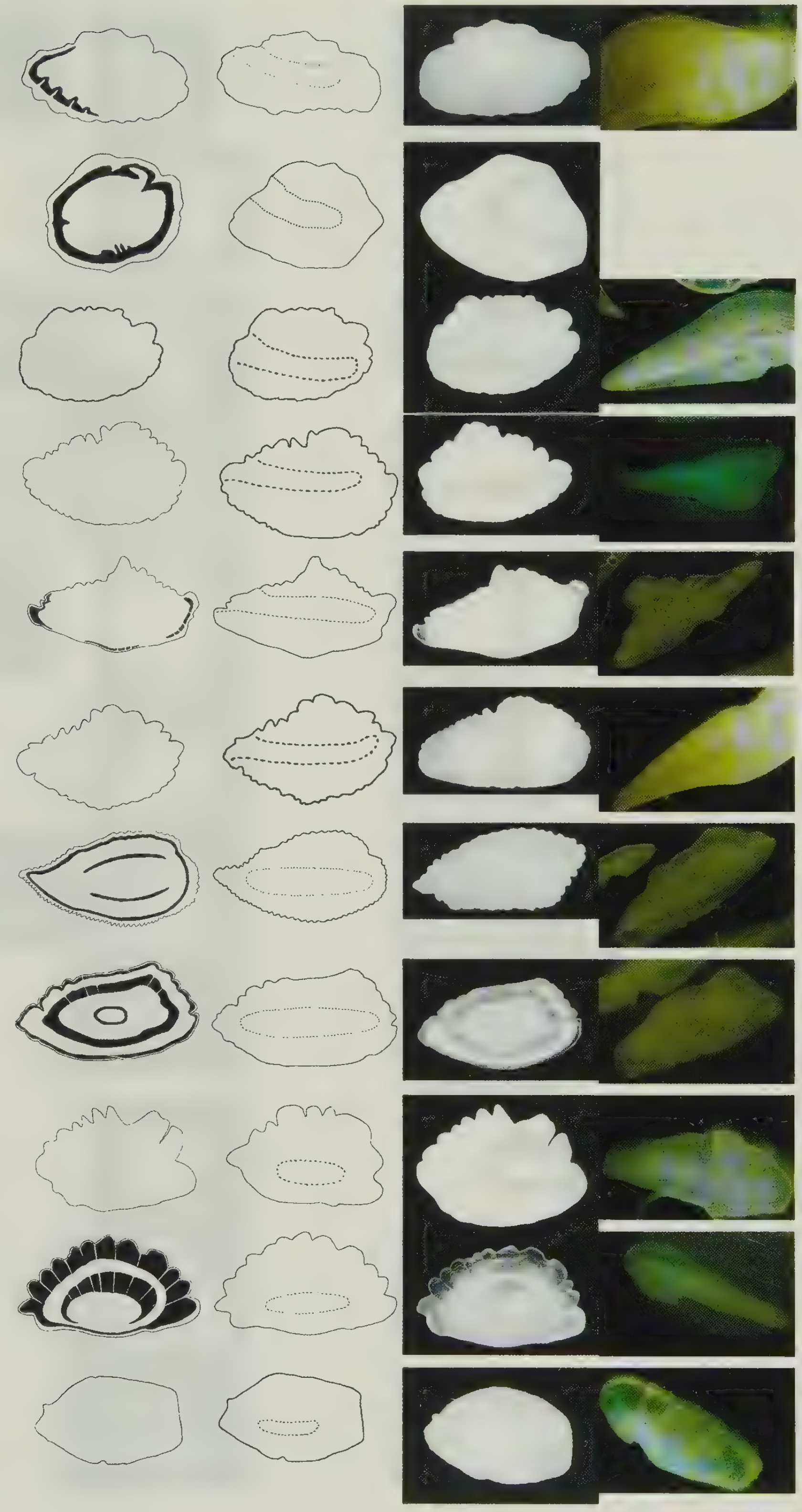
16. アシロ目（Ophidiiformes）（Table 2-5, Figs. 2-12, 2-15, 2-16）

日本産のアシロ目魚類には，4 科52種が知られている。アシロ目魚類については，ヨロイイタチウオ等数種が食用に供されているが，殆どが投棄魚や稀少種である。国外でも，数種のアシロ科（Ophidiidae）以外は殆どの魚種が利用されていないで，形態，年齢に関する研究は少ない。形態研究では，日本産のアシロ科 7 種，カクレウオ科 1 種の外形や溝の形状等の特徴に関する報告がある（Ohe, 1985）。メキシコ湾に生息するアシロ科では，シオイタチウオ属 8 種の外形と溝の形態に関する比較研究が行われている（Nielsen, 1999）。大西洋熱帯海域のアシロ科 *Apagesoma delosommatus* は希少種であるが，外形と溝の特徴が報告されている（Merrett and Nielsen, 2001）。ポリネシア海域のカクレウオ科について，外形と断面の

Fig. 2-12. Illustrations of otolith external form and sulcus, and photographs of otolith external face under reflected light and burnt otolith section under UV light (Gadiformes, Ophidiformes, Lophiiformes, Stephanoberyciformes, Beryciformes, Zeriformes, Gasterosteiformes, Mugiliformes, Atheriniformes, Cyprinodontiformes, Beloniformes).

Japanese name Scientific name	Surface view	Sulcus	Otolith external face under reflected light	Burnt otolith section under UV light
Kanadadara *Antimora microlepis*				
Karasudara *Halargyreus johnsonii*				
Ezoisoainame *Physiculus maximowiczi*				
Itohikidara *Laemonema longipes*				
Madara *Gadus macrocephalus*				
Komai *Eleginus gracilis*				
Suketoudara *Theragra chalcogramma*				
Higosokodara *Nezumia proxima*				
Munedara *Coryphaenoides pectoralis*				
Himodara *C. longifilis*				





Ibarahige
C. acrolepi

Karafutosokodara
C. cinereus

Hanasokodara
C. nasutus

Tenagadara
Abyssicola macrochir

Yarihige
Caelorinchus multispinulosus

Onihige
C. gilberti

Yoroi-itachiuo
Hoplobrotula armata

Shioitachiuo
Neobythites sivicolus

Ankou
Lophiomus setigerus

Kiankou
L. litulon

Wanukefuryuuo
Malthopsis annlifera

Akachokkikujirauo
Rondeletia loricata

Nanyoukinme
Beryx decadactylus

Kinmedai
B. splendens

Ebisudai
Ostichthys japonicus

Matsukasauo
Monocentris japonica

Kagamidai
Zenopsis nebulosa

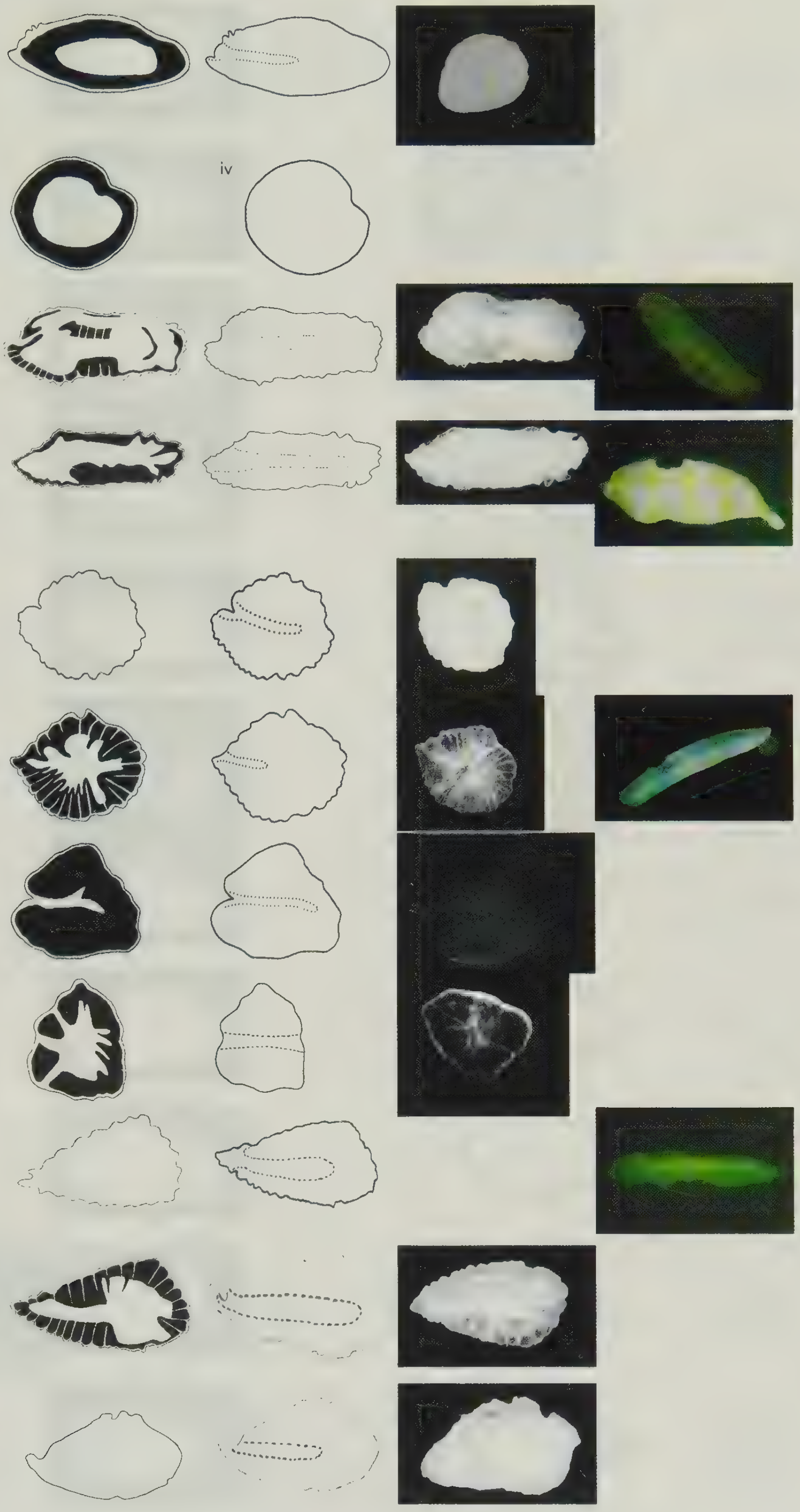
Matoudai
Z. faber

Kudayagara
Aulichthys japonicus

Ibaratomiyo
Pungitius pungitius

Akayagara
Fistularia petimba

Sagifue
Macroramphosus scolopax



Youjiuo
Syngnathus schlegeli

Sangotatsu
Hippocampus mohnikei

Bora
Mugil cephalus cephalus

Menada
Chelon haematocheilus

Ginisoiwashi
Hypoatherina tsurugae

Tougorouiwashi
H. valenciennei

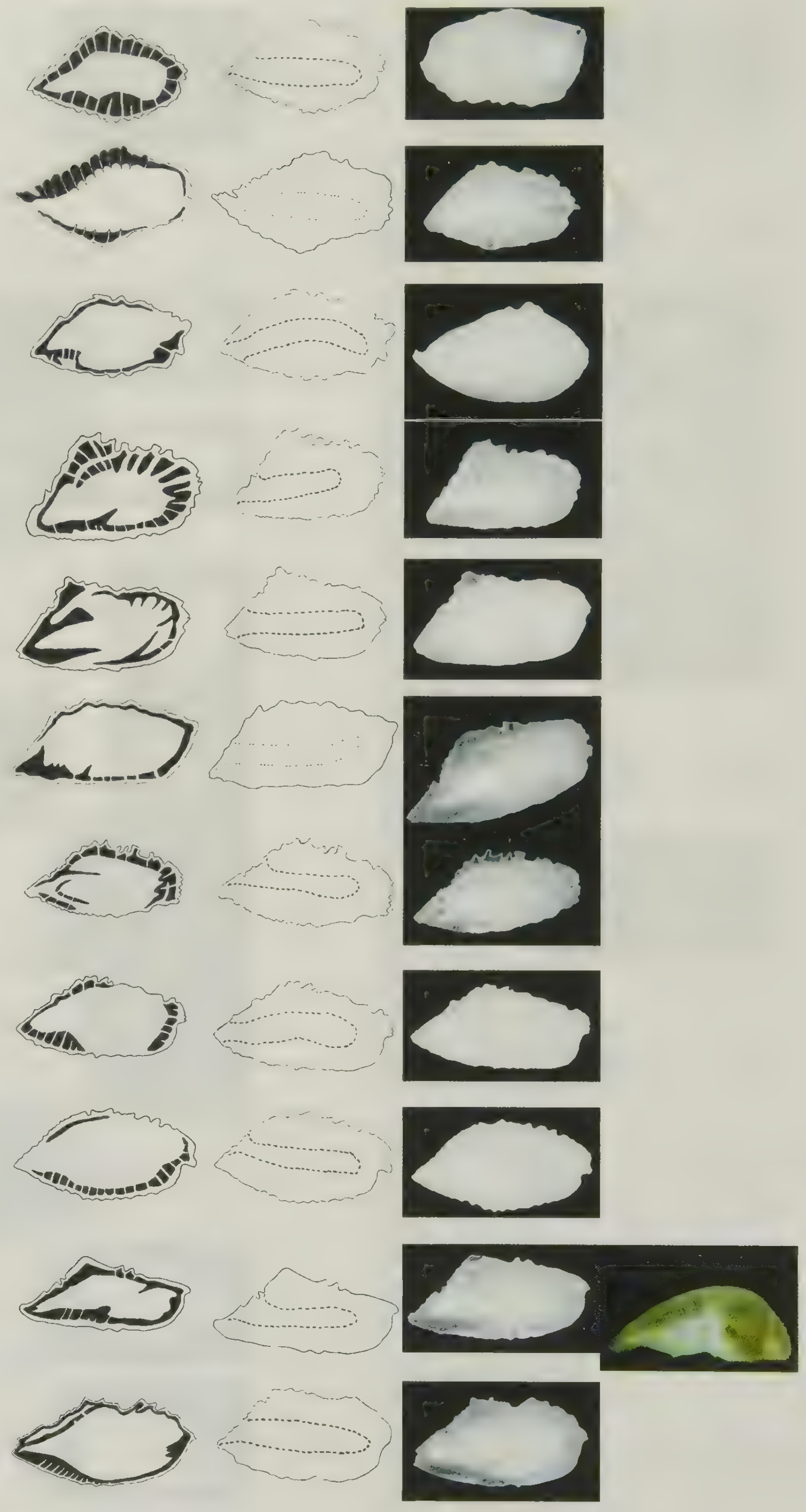
Guppy
Poecilia reticulata

Medaka
Oryzias latipes

Kurumesayori
Hyporhamphus intermedius

Sayori
H. sajori

Kurobiresayoritobiuo
Oxyporhamphus convexus convexus



Darumatobi
Prognichthys sealei

Zakatobiuo
P. brevipinnis

Ninojitobiuo
Hirundichthys speculiger

Hosoaotobi
H. oxycephalus

Ayatobiuo
Cypselurus poecilopterus

Ooakatobi
C. stuttoni

Akatobi
C. atrisignis

San-nojidamashi
C. abei

Ojirotobi
Cypselurus exiliens

Hosotobiuo
C. hiraii

Tsukushitobiuo
C. heterurus doederleini

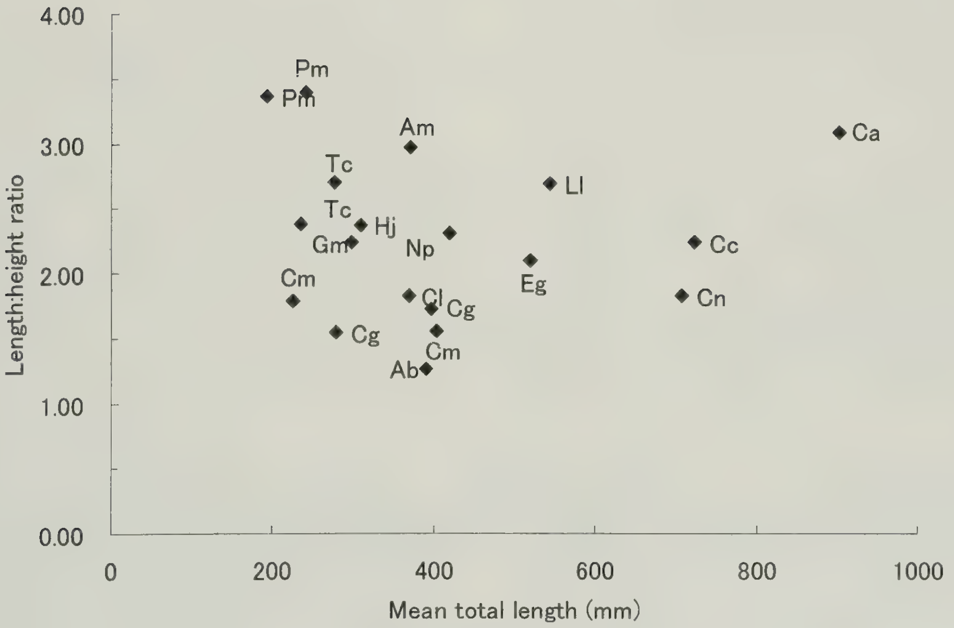


Fig. 2-13. Relation of o otolith length:height ratio to total length (Gadiformes). Abbreviations see table 2-5.

Table 2-5. Sample list used for otolith measurement (Gadiformes, Ophidiformes, Lophiiformes, Stephanoberyciformes, Beryciformes, Zeriformes)

Family	Japanese name	Scientific name	Abbre-viation	Size category	Sampling locality	Sample size	Mean total length	Range	Otolith length (mm)	Otolith width (mm)	Otolith area index	Length: height ratio	Relative otolith size	Code of external-side-sulcus forms		
Moridae																
	Kanadadara	*Antimora microlepis*	Am			3	371	302-450	12.39	4.17	13.93	2.97	33.91	I	f	II_1
	Karasudara	*Halargyreus johnsonii*	Hj			1	310	310	9.70	4.10	12.83	2.37	31.29	I	f	II_1
	Ezoisoainame	*Physiculus maximowiczi*	Pm		Hachinohe	30	241	164-320	9.48	2.80	11.01	3.40	39.93	I	f	II_1
					Onagawa	6	193		8.07	2.52	10.54	3.37	44.19			
	Itohikidara	*Laemonema longipes*	Ll			6	544	384-720	9.32	3.46	5.93	2.69	17.40	I	f	II_1
Gadidae																
	Madara	*Gadus macrocephalus*	Gm	Small		20	298	168-671	12.45	5.31	22.18	2.24	44.01	C	a	II_1
				Large		7	520		16.79	8.04	25.96	2.10	32.51			
	Komai	*Eleginus gracilis*	Eg			5	277	252-361	12.21	4.51	19.88	2.70	43.90	C	a	II_1
	Suketoudara	*Theragra chalcogramma*	Tc	Small		20	235	151-597	10.75	4.54	20.77	2.38	45.96	C	a	II_1
				Large		8	419		16.55	7.16	28.28	2.31	39.77			
Macrouridae																
	Higosokodara	*Nezumia proxima*	Np			2	370	360-380	9.40	5.15	13.08	1.83	25.37	B	b	II_1
	Munedara	*Coryphaenoides pectoralis*	Cp			2	905	740-1070	17.30	5.60	10.70	3.09	19.41	E	a	II_1
	Himodara	*C. longifilis*	Cl			11	724	535-930	14.02	6.23	12.06	2.24	19.24	C	a	II_1
	Ibarahige	*C. acrolepi*	Ca			7	709	604-782	14.45	7.91	16.12	1.83	20.54	B	a	II_1
	Karafutosokodara	*C. cinereus*	Cc			6	391	281-468	5.58	4.45	6.35	1.27	14.39	B	C	II_1
	Hanasokodara	*C. nasutus*	Cn			4	403	390-414	10.45	6.75	17.50	1.56	25.95	B	b	II_1
	Tenagadara	*Abyssicola macrochir*	Ab			2	279	265-293	9.00	5.83	18.81	1.55	32.32	B	b	II_1
	Yarihige	*Caelorinchus multispinulosus*	Cm			4	225	211-236	8.59	4.79	18.29	1.79	38.22	B	a	II_1
	Onihige	*C. gilberti*	Cg			5	397	234-523	12.91	7.38	24.00	1.73	32.41	B	a	II_1
Ophidiidae																
	Yoroiitachiuo	*Hoplobrotula armata*	Ha			9	299	250-388	13.24	6.54	28.96	2.03	42.85	C	a	IV
	Shioitachiuo	*Neobythites sivicolus*	Ns			9	170	121-252	7.58	3.96	17.66	1.89	44.72	B	a	IV
Lophiidae																
	Ankou	*Lophiomus setigerus*	Ls			2	159	134-184	5.76	3.80	13.77	1.55	36.83	B	a	IV
	Kiankou	*L. litulon*	Lo			11	318	174-586	3.91	2.89	3.55	1.35	13.40	B	a	IV
Ogcocephalidae																
	Wanukefuryuuo	*Malthopsis annlifera*	Ma			1	65	65	2.48	1.60	6.10	1.55	38.15	B	b	IV
Rondeletiidae																
	Akachokkikujirauo	*Rondeletia loricata*	Rl			1	85	85	1.67	2.03	3.99	0.82	19.64	D	c	VI
Berycidae																
	Nanyoukinme	*Beryx decadactylus*	Bd			1	424	424	14.62	11.05	38.10	1.32	34.48	B	a	II_1
	Kinmedai	*B. splendens*	Bs			4	369	238-525	13.97	10.10	38.24	1.38	37.95	B	a	II_1
Holocentridae																
	Ebisudai	*Ostichthys japonicus*	Oj			3	375	292-434	23.12	15.93	98.21	1.45	61.65	I	a	VI
Monocentridae																
	Matsukasauo	*Monocentris japonica*	Mj			4	127	74-159	7.86	8.71	53.91	0.80	61.17	A	e	II_1
Zeidae																
	Kagamidai	*Zenopsis nebulosa*	Zn			1	204	204	1.25	1.05	0.64	1.19	6.12	I	a	iv
	Matoudai	*Zeus faber*	Zf			10	252	158-360	1.69	1.62	1.09	1.08	6.94	I	a	iv

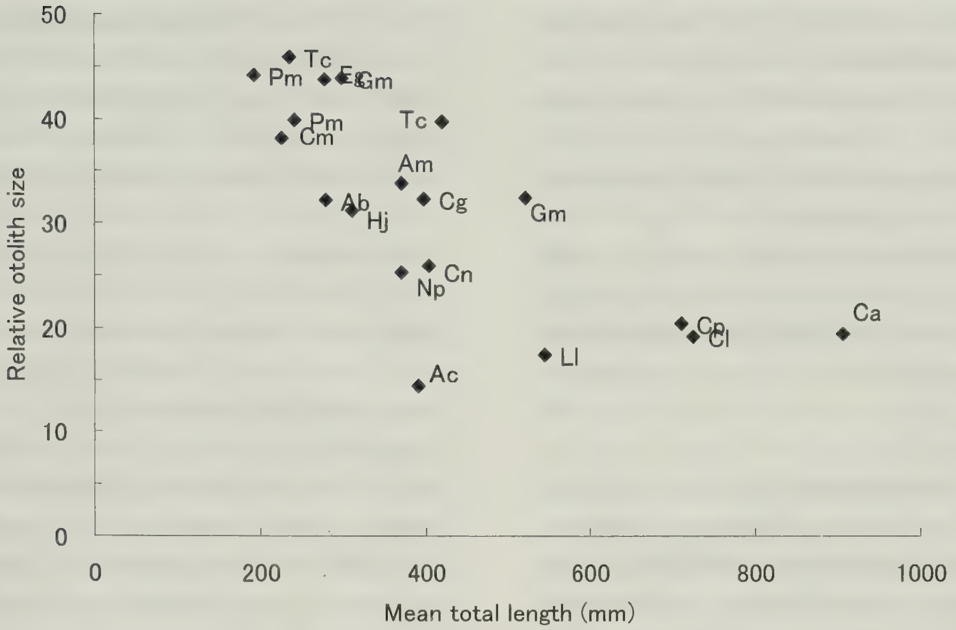


Fig. 2-14. Relation of L otolith length:height ratio to total length (Gadiformes). Abbreviations see table 2-5.

輪紋構造の特徴が報告されている（Parmentier *et al.*, 2002)。また，北西大西洋のアシロ科魚類3種について，凹凸両面の写真画像が提示されている（Campana, 2004)。さらに，南アフリカ周辺海域のアシロ科6種，カクレウオ科1種，フサイタチウオ科3種について，写真画像とともに形態の詳細な記載が示されている（Malcolm *et al.*, 1995)。耳石化石の研究では，カリフォルニア沿岸部のアシロ科，メキシコ湾岸のアシロ科とカクレウオ科（7種），静岡県掛川市のカクレウオ科（7種）に関する報告がある（Fitch, 1964, 1966, 1967a, Frizzell and Dante, 1965, 大江，1983)。年齢研究では，オーストラリアとニュージーランド海域のアシロ科ミナミアカヒゲの年齢と成長に関する研究がある（Withell and Wankowski, 1989, Horn, 1993)。

本研究で得られた耳石の標本が得られた魚種は，アシロ科の2種に留まった。

16-1. アシロ科 Ohidiidae

ヨロイイタチウオ *Hoplobrotula armata*

外形は長めの楕円形（B型）で，前角はやや発達するが，前上角が発達せず，欠刻は不明確である。側面形はやや弱い反り状型（a型）である。凹面には，隆起が中央から後部にみられる。溝はやや浅く，欠刻部付近から後縁付近まで広線形状に認められる（Ⅳ型)。輪紋は，表面観察および薄片観察でやや明瞭である。

シオイタチウオ *Neobythites sivicolus*

外形はやや長めの楕円形（B型）で，前角はやや発達するが，前上角はあまり発達せず，欠刻は不明確である。側面形は弱い反り状型(a型)である。凹面には，隆起がほぼ全面みられ，中央部が顕著である。溝はやや浅く，欠刻部付近から後縁部付近まで広線形状に認められる（Ⅳ型)。輪紋は，表面観察でやや明瞭であるが，薄片観察では，非常に明瞭な輪紋構造が確認される。

耳石長比は，ヨロイイタチウオが2.03，シオイタチウオが1.89で，相違は殆どみられない。耳石相対サイズは42.85と44.72で，ほぼ同様な値を示している。外形の組み合わせコードは，ともにB-a-Ⅳである。ヨロイイタチウオとシオイタチウオでは，外形は相似するが，耳石外縁部の小型の鋸歯状突起の有無から種の特定が可能と推定される。

17. アンコウ目（Lophiiformes）(Table 2-5, Figs. 2-12, 2-15, 2-16)

日本産のアンコウ目魚類は，12科66種が知られている。キアンコウ，アンコウ等数種が有用種であるものの，生息数の少ない稀少種が多い。アンコウ目魚類の耳石形態，年齢に関する研究は，アンコウとキアンコウ以外は有用種でなく，しかもアシロ目同様に稀少種が多いことから研究報告が非常に少ない。形態研

究では，日本産アンコウ科2種，カエルアンコウウオ科4種，フサアンコウ科1種，アカグツ科3種に関する外形や溝の形状等の特徴に関する報告がある（Ohe, 1985）。南アフリカ海域のキアンコウ属 *Lophius upsicephalus* では，外形の個体による変異が指摘されている（Griffiths and Hecht, 1986）。北太平洋の深海に生息する Centrophrynidae 科，ヒレナガチョウチンアンコウ科（Caulophrynidae），シダアンコウ科（Gigantactinidae）とラクダアンコウ科（Oneirodidae）8種について，外形と溝の形状に関する比較研究が行われている（Pietsch, 1972）。また，北西大西洋のアンコウ科1種，ミツクリエナガチョウチンアンコウ科2種，アカグツ科1種，ラクダアンコウ科1種について，凹凸両面の写真画像が提示されている（Campana, 2004）。さらに，南アフリカ周辺海域のアンコウ科3種，カエルアンコウ科3種，フサアンコウ科1種，アカグツ科3種，ミツクリエナガチョウチンアンコウ科2種，チョウチンアンコウ科1種について，写真画像とともに形態の詳細な記載が示されている（Malcolm *et al.*, 1995）。年齢研究では，南アフリカ海域と北海のキアンコウ属 *Lophius upsicephalus* と *L.piscatorius* が耳石表，断面の輪紋から年齢が査定されている（Griffiths and Hecht, 1986, Wright *et al.*, 2002）。なお，東シナ海のアンコウ，キアンコウについての年齢査定は，脊椎骨（椎体）を用いて行われており，年齢と成長が報告されている（Yoneda *et al.*, 1997, 1998）。

本研究では，アンコウ科2種，アカグツ科1種の耳石標本を得た。

17-1．アンコウ科 Lophiidae

アンコウ *Lophiomus setigerus*

外形は楕円形（B型）であるが，上縁の凹凸が顕著である。前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は弱い反り状型（a型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は浅く不明確であるが，中央部付近に広線形状に認められる（Ⅳ型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

キアンコウ *Lophiomus litulon*

外形は二枚貝貝殻に似ている楕円形（B型）で，上縁や後縁の凹凸や輪郭には個体による相違がある。前角と前上角が発達せず，欠刻は不明確である。近縁種のアンコウと識別できる形質は認められない。側面形は弱い反り状型（a型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は浅く不明確であるが，中央部付近に広線形状に認められる（Ⅳ型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭であるが，薄片観察では輪紋構造は確認されない。

17-2．アカグツ科 Ogcocephalidae

ワヌケフウリュウウオ *Malthopsis annlifera*

外形は楕円形（B型）で，前角と前上角が発達せず，欠刻は不明確である。側面形は棒状型（b型）である。溝は浅く不明確であるが，中央部付近に広線形状に認められる（Ⅳ型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

耳石長比は，アンコウとワヌケフウリュウウオ1.55，キアンコウが1.35で，3種には相違がみられない。相対耳石サイズはキアンコウが13.40，アンコウが36.83，ワヌケフウリュウウオが38.15で，キアンコウは他の2種に比べて小さい。

3種ではあるがアンコウ目魚類はいずれも，外形は楕円形（B型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確，溝は浅く不明確であるが，広線形状に認められるD型であるという特徴がある。外形の組み合わせコードは，アシロ目同様にB-a-Ⅳである

18. カンムリキンメダイ目（Stephanoberyciformes）

（Table 2-5, Figs. 2-12, 2-15, 2-16）

日本産のカンムリキンメダイ目魚類には，6科21種あるとされている。これら魚種は深海性で，殆どの魚種は生態が明らかでなく，生息数も少ない希少種である。したがって，耳石形態，年齢に関する研究は極めて少ない。形態研究では，カブトウオ科とアンコウイワシ科3種の写真画像が提示されている（Campana, 2004）。さらに，南アフリカ周辺海域のカブトウオ科6種，アンコウイワシ科1種，アカクジラウオダマシ科1種，ギンメダイ科1種について，写真画像とともに形態の詳細な記載が示されている（Malcolm *et al.*, 1995）。また，耳石化石の研究では，カリフォルニア沿岸部のカブトウオ科に関する報告がある（Fitch, 1968）。年齢に関する研究は耳石のみならず，他の形質でも見当たらない。

本研究では，アンコウイワシ科1種のみから耳石標本を得た。

18-1．アンコウイワシ科 Rondeletiidae

アカチョッキクジラウオ *Rondeletia loricata*

外形は縦長楕円形（D型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は半広線形型（c型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は浅く不明確であるが，欠刻部から後方に延び，急激に縦長楕円形状に広がり，中央と後縁の中間付近まで認められる（Ⅵ型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。耳石長比は0.82，相対耳石サイズは19.64である。

19. キンメダイ目（Beryciformes）（Table 2-5, Figs. 2-12, 2-15, 2-16）

日本産キンメダイ目魚類は，7科53種が知られている。キンメダイ，エビスダイ，アカマツカサ等が有用種であるが，キンメダイ以外は漁獲される頻度の少ない魚種である。ただし，キンメダイ科やヒウチダイ科に複数種の中高級魚が存在するので，年齢研究は比較的多い。形態研究では，日本産のキンメダイ科5種，イットウダイ科3種，マツカサウオ科1種の外形，側面形と溝の形状等の特徴に関する報告がある（Ohe, 1985）。南極海周辺水域のオニキンメ科等2種について，外形と溝の形状に関する報告がある（Hecht, 1987）。北大西洋，オーストラリア海域とニュージーランド海域のヒウチダイ科オレンジラフィー（*Hoplostethus atlanticus*）について，外形の変異に関する報告がある（Gauldie and Crampton, 2002）。また，北西大西洋のイットウダイ科1種，ヒウチダイ科2種，オニキンメ科1種について，凹凸両面の写真画像が提示されている（Campana, 2004）。さらに，南アフリカ周辺海域のキンメダイ科2種，ヒウチダイ科3種，マツカサウオ科1種，ナカムラギンメ科2種，ヒカリキンメダイ科1種，ヒカリキンメ科1種，イットウダイ科17種について，写真画像とともに形態の詳細な記載が示されている（Malcolm *et al.*, 1995）。耳石化石の研究では，メキシコ湾沿岸部のキンメダイ目魚類，静岡県掛川市のキンメダイに関する報告がある（Frizzell and Dante, 1965, 大江，1983）。

年齢研究は，キンメダイ科では殆どが表面観察，ヒウチダイ科では薄片法で査定が行われている。キンメダイ科では，ニュージーランド海域のナンヨウキンメ（Massey and Horn, 1990），相模湾，伊豆諸島海域，高知県沖，ニュージーランド海域，ニューカレドニア海域と関東近海のキンメダイに関する報告がある（Ikenouye, 1969, Adachi *et al.*, 2000, 明神・浦，2003, Gauldie, 1995, Lehodey and Grandperrin, 1996, Taniuchi *et al.*, 2004）。ヒウチダイ科では，ニュージーランド海域等のオレンジラフィー（Hoplostethus atlanticus）に関する研究報告がある（Mace *et al.*, 1990, Smith *et al.*, 1995, Francis and Horn, 1997, Horn *et al.*, 1998）。

本研究で採集された耳石標本の魚種は，キンメダイ科2種，イットウダイ科1種，マツカサウオ科1種である。

19-1．キンメダイ科 Berycidae

ナンヨウキンメ *Beryx decadactylus*

外形は前部が幅広いやや角ばった楕円形（B型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻はやや不明確である。側面形は弱い反り状型（a型）である。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（Ⅱ₁型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

キンメダイ *Beryx splendens*

外形は前部が幅広く，角ばった楕円形（B型）であるが，個体による変異が多様である。前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は弱い反り状型（a型）である。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（Ⅱ₁型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭であるが，薄片観察では不明瞭である。

19-2．イットウダイ科 Holocentridae

エビスダイ *Ostichthys japonicus*

外形はやや三角形状の不規則形（Ⅰ型）で，前角はやや発達するが，前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は反り状型（a型）である。溝は比較的細く，欠刻部の下方から後方に延び，下縁に沿って中央と後縁の中間付近まで認められる（Ⅵ型）。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

19-3．マツカサウオ科 Monocentridae

マツカサウオ *Monocentris japonica*

外形は縦長楕円形（D型）で，前角と前上角は発達しないが，窪み状の欠刻はやや明確である。外形と欠刻には，個体による変異がみられる。側面形は弱い逆反り状型（e型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（Ⅱ₁型）。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

耳石長比は0.90～1.45の範囲で，イットウダイ科のエビスダイが大きく，マツカサウオ科のマツカサウオが小さい。キンメダイ科とイットウダイ科は殆ど変わらない。相対耳石サイズは34.48～61.65の範囲で，エビスダイとマツカサウオが大きく，ナンヨウキンメが小さい。ナンヨウキンメとキンメダイでは殆ど変わらない。

全体的に，外形も科・種によって様々であり，側面形においても，マツカサウオが他魚種と反対の逆反り状型（e型）で，目としての統一した耳石形態の特徴は見いだせない。

20. マトウダイ目（Zeiformes）（Table 2-5, Figs. 2-12, 2-15, 2-16）

日本産のマトウダイ目魚類は6科11種であり，種数

は少ない。食用のマトウダイとカガミダイ以外は稀少種であるため，マトウダイ目魚類の耳石形態や年齢については，研究報告が少ない。形態研究では，日本産のベニマトウダイ科1種，マトウダイ科2種，ソコマトウダイ科1種，ヒシマトウダイ科1種の外形，溝の形状等，南極海周辺水域のオオメマトウダイ科1種の外形と溝の形状，ニュージーランド近海のオオマトウダイ科2種の外形と微細構造が報告されている（Ohe, 1985, Hecht, 1987, Davies *et al.*, 1988）。また，北西大西洋のマトウダイ科2種，ヒシマトウダイ科1種について，凹凸両面の写真画像が提示されている（Campana, 2004）。さらに，南アフリカ周辺海域のマトウダイ科4種，オオメマトウダイ科4種，ヒシマトウダイ科1種，ヒシダイ科1種について，写真画像とともに形態の詳細な記載が示されている（Malcolm *et al.*, 1995）。耳石化石の研究では，静岡県掛川市のヒシダイ科に関する報告がある（大江，1983）。

年齢研究では，オーストラリアのバス海峡のオオメマトウダイに関する報告がある（Stewart *et al.*, 1995）。なお，日本産の魚種では，東シナ海のマトウダイについて，年齢と成長が報告されているが，年齢形質として脊椎骨（椎体）が用いられている（Yoneda *et al.*, 2002）。

本研究では，マトウダイ科2種から耳石を収集した。

20-1．マトウダイ科 Zeidae

カガミダイ *Zenopsis nebulosa*

外形は翼を広げた鳥の姿に似た不定形（Ⅰ型）で，凹みや切込みが認められるが，欠刻は確認できない。側面形は弱い反り状型（a型）である。溝は肉眼および実体顕微鏡下では認められない。輪紋は，表面観察では不明確で，透明と不透明部分が認められる。

マトウダイ *Zeus faber*

外形は翼を広げた鳥の姿によく似た不定形（Ⅰ型）で，凹みや切り込みが認められるが，欠刻は確認できない。側面形は弱い反り状型（a型）である。溝はカガミダイと同様に認められない。輪紋は，表面観察では不明確で，透明と不透明部分が認められる。薄片観察では，明瞭ではないものの輪紋構造が認められる。

カガミダイとマトウダイではそれぞれ，耳石長比が1.19と1.08，相対耳石サイズが6.12と6.94で，近似した値である。両種とも，翼を広げた鳥の姿によく似た不定形で特徴的であるが，両種間では，大きさ・外形ともに相違がない。

21．トゲウオ目（Gasterosteiformes）（Table 2-6, Figs. 2-12, 2-17, 2-18）

日本産のトゲウオ目魚類は10科21種。そのうち，ヨウジウオ科がトゲウオ目魚類の全種数の約70%を占めている。一部地域で，淡水域や汽水域に生息するイトヨやヤガラ科の魚種を食用にしているものの，全体的には有用種が少なく，トゲウオ目魚類の耳石形態，年齢に関する研究は少ない。形態研究は，北海道近海のシワイカナゴ科1種の耳石形状（石垣ら，1957），日本産ヤガラ科，サギフエ科とヨウジウオ科3種の外形と溝の形状等に関する報告（Ohe, 1985）がある。また，北西大西洋のトゲウオ科とヨウジウオ科5種の凹凸両面の写真画像が提示されている（Campana, 2004）。さらに，南アフリカ周辺海域のヘラヤガラ科1種，ヤガラ科1種，サギフエ科2種，ヨウジウオ科1種について，写真画像とともに形態の詳細な記載が示されている（Malcolm *et al.*, 1995）。年齢研究は，トゲウオ科ではアラスカ・コデアク島のイトヨ，北海道久根別川のイバラトミヨ（Greenbank and Nelson, 1959, 後藤ら，1979），サギフエ科ではポルトガル近海の *Macrorhamphosus* spp（Borges, 2000）に関する報告がある。

本研究では，クダヤガラ科1種，トゲウオ科1種，ヤガラ科1種，サギフエ科1種，ヨウジウオ科2種から耳石を収集した。

21-1．クダヤガラ科 Aulorhynchidae

クダヤガラ *Aulichthys japonicus*

外形は楕円形（B型）で，前角はやや発達するが，前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は棒状型（b型）である。溝の形状は不明である。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

21-2．トゲウオ科 Gasterosteidae

イバラトミヨ *Pungitius pungitius*

外形はほぼ正常な楕円形（B型）で，前角と前上角がやや発達し，欠刻は明確である。側面形は棒状型（b型）である。溝は短く，中央付近まで認められる（Ⅲ型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

21-3．ヤガラ科 Fistulariidae

アカヤガラ *Fistularia petimba*

外形は上縁がやや丸みがある三角形（F型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は棒状型（b型）である。溝の形状は不明である。輪紋は，表面観察ではやや不明瞭である。

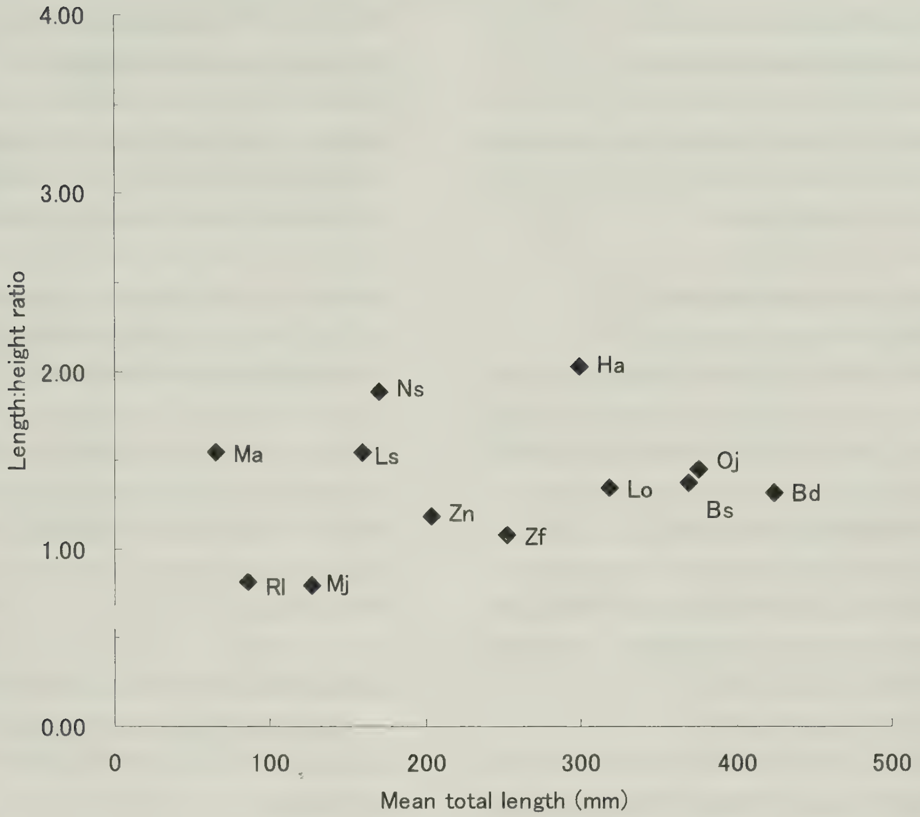


Fig. 2-15. Relation of otolith length:height ratio to total length (Gadiformes, Ophidiformes, Lophiiformes, Stephanoberyciformes, Beryciformes, Zeriformes). Abbreviations see table 2-5.

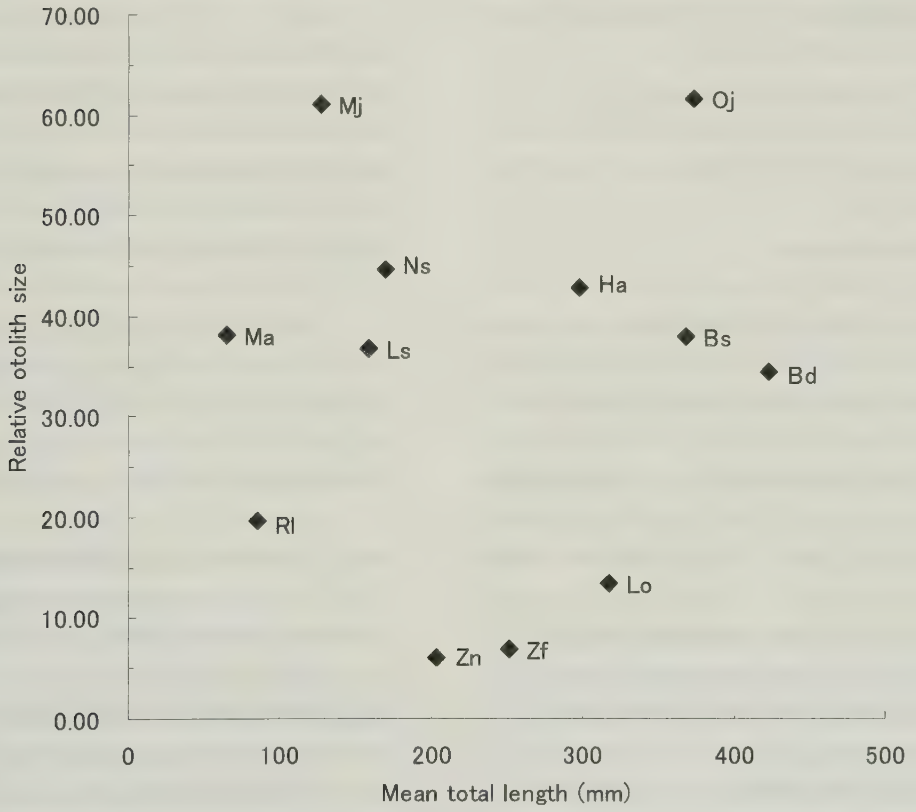


Fig. 2-16. Relation of Length:height ratio (otolith length/height) to total length (Gadiformes, Ophidiformes, Lophiiformes, Stephanoberyciformes, Beryciformes, Zeriformes). Abbreviations see table 2-5.

21-4．サギフエ科 Macroramphosidae

サギフエ *Macroramphosus scolopax*

外形は上縁が丸みのある三角形（F 型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は棒状型（b 型）である。溝の形状は不明である。輪紋は，表面観察ではやや不明瞭である

21-5．ヨウジウオ科 Syngnathidae

ヨウジウオ *Syngnathus schlegeli*

外形は楕円形（B 型）で，前角は発達するが，前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は棒状型（b 型）である。溝は欠刻部から中央付近まで認められる（Ⅲ型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

サンゴタツ *Hippocampus mohnikei*

外形は円形（A 型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は弱い反り状型（a 型）である。溝の形状は不明である。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

耳石長比は1.09 ～ 1.96の範囲で，クダヤガラ科のクダヤガラが最も大きく，ヨウジウオ科のサンゴタツが最も小さい。科間では，明確な相違はみられない。相対耳石サイズは0.83 ～ 11.52の範囲で，トゲウオ科のイバラトミヨが最も大きく，ヤガラ科のアカヤガラが最も小さい。科間では，クダヤガラ科が大きく，サギフエ科とヨウジウオ科が小さい。

全体的に，外形は種によって様々であるが，耳石の欠刻は不明確であり，側面形は殆どが棒状型（B 型）である。

22. ボラ目（Mugiliformes）（Table 2-6, Figs. 2-12, 2-17, 2-18）

日本産のボラ目魚類は 1 科15種である。殆どが食用種であるが，ボラ目魚類の耳石形態，年齢に関する研究は非常に少ない。形態研究では，日本産のボラ科のボラとメナダの外形と溝の形状等に関する報告がある（松島，1958, Ohe, 1985）。また，北西大西洋のボラ科 *Mugil curema* の凹凸両面の写真画像が提示されている（Canpana, 2004）。さらに，南アフリカ周辺海域のボラ科11種について，写真画像とともに形態の詳細な記載が示されている（Malcolm *et al.*, 1995）。年齢研究では，アイルランド海域の grey mullet（*Crenimugil labrosus*）に関する報告がある（Kennedy and Fitzmaurice, 1969）。

ボラ目魚類は分布域が南編している魚種が多いので，本研究で採集したのはボラとメナダのみである。

22-1．ボラ科 Mugilidae

ボラ *Mugil cephalus cephalus*

外形は長方形に近い長楕円形（C 型）で，前角はやや発達し，前上角は発達せず，欠刻は僅かに認められる個体もあるが，全体的には不明確である。側面形はやや強めな反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，後端が僅か下方に曲がり後縁付近まで認められる（Ⅱ_1型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭であるが，薄片観察では，明瞭な輪紋構造は認められない。

メナダ *Chelon haematocheilus*

外形は四角形に近い長楕円形（C 型）で，前角はやや発達するが，前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は反り状型（a 型）である。溝は浅く，欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（Ⅱ_1型）。輪紋は表面観察でも薄片観察でもやや明瞭である。

耳石長比は，ボラが2.24，メナダは2.40で，両者に相違が認められない。相対耳石サイズは，ボラが25.45，メナダは26.03で，耳石形状と同様，殆ど相違がみられない。

23. トウゴロウイワシ目（Atheriniformes）（Table 2-6, Figs. 2-12, 2-17, 2-18）

日本産トウゴロウイワシ目魚類は 2 科 7 種で，内湾や沿岸の浅海に生息しているが，通常，食用にはされず，耳石形態，年齢に関する研究は少ない。北西大西洋のトウゴロウイワシ科 *Menidia menidia* の凹凸両面の写真画像が提示されている（Campana, 2004）。耳石化石の研究では，カリフォルニア沿岸部のトウゴロウイワシ科に関する報告がある（Fitch, 1964, 1966, 1967a, 1968, Hudoleston and Barker, 1978）。年齢研究では，地中海のトウゴロウイワシ科 *Atherina boyeri*（Gon and Ben-Tuvia, 1983）に関する報告がある。また，英虞湾のトウゴロウイワシ科のギンイソイワシは，鱗による年齢査定が行われている（森ら，1988）。

本研究では，トウゴロウイワシ科 2 種の耳石を得た。

23-1．トウゴロウイワシ科 Atherinidae

ギンイソイワシ *Hypoatherina tsurugae*

外形は縁辺の凹凸が顕著な円形に近い楕円形（B 型）で，前角と前上角は発達しないが，欠刻はやや明確である。側面形は弱い反り状型（A 型）である。凹面には，弱い隆起が中央部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められる（Ⅱ_3型）。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

トウゴロウイワシ *H. valenciennei*

外形は縁辺の凹凸が顕著な円形（A 型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確である。近縁のギンイソイワシと外形は酷似している。側面形は弱い反り状型（A 型）である。溝はかなり短く，中央に達しない（Ⅲ型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

耳石長比は，ギンイソイワシが1.22，トウゴロウイワシが1.33で，耳石相対サイズは，ギンイソイワシが27.01，トウゴロウイワシが25.56で，外形と同様に両種間で相違はみられない。

24. カダヤシ目（Cyprinodontiformes）（Table 2-6, Figs. 2-12, 2-17, 2-18）

日本に生息するカダヤシ目魚類は，外来淡水魚のグッピーとカダヤシの2科2種のみである。耳石形態，年齢研究については，国内では見当たらず，国外では，南カロライナ州の入江域に生息する *Fundulus heteroclitus*（Fundulidae）の凹凸面の外形，溝の形状と微細構造に関する報告がある（Dunkelberger, 1980）。

本研究では，カダヤシ科のグッピー1種のみから耳石標本を得た。

24-1．カダヤシ科 Poeciliidae

グッピー *Poecilia reticulata*

外形はほぼ円形（A 型）で，前角と前上角はやや発達し，欠刻は明確である。側面形は弱い反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，後端で僅かに下方に曲がり，後縁付近まで認められる（Ⅱ_1型）。輪紋は，表面の観察でやや明瞭である。耳石長比は1.05，相対耳石サイズが25.06である。

25. ダツ目（Beloniformes）魚類の耳石形態（Table 2-6, Figs. 2-12, 2-17, 2-18）

日本産のダツ目魚類は，5科47種が知られている。ダツ目魚類では，サンマが代表的な多獲性魚類で，国内では以前から生態，資源に関する研究が行われ，耳石による形態，年齢研究も最近は比較的多い。サヨリ科，トビウオ科とダツ科については，漁獲量が少なく，しかもそれ程有用種でないので，研究は殆ど行われていない。

形態研究では，日本産のトビウオ科（Excoetidae）のトビウオ，ダツ科（Belonidae）のダツ，ハマダツとサヨリ科（Hemiramphidae）のクルメサヨリでは外形や溝の形状等に関する報告がある（松島，1958, Ohe, 1985）。サンマ科（Scomberesocidae）では，北西太平洋のサンマの輪相や形状特徴による系群判別に関する研究が行われている（菅間，1957・1959，堀田，1960・1972，今井，1993）。北西大西洋のサンマ科 *Scomberesox saurus* については，凹凸両面の写真画像が提示されている（Campana, 2004）。南アフリカ周辺海域では，サヨリ科5種，トビウオ科6種，ダツ科3種，サンマ科1種について，写真画像とともに形態の詳細な記載が示されている（Malcolm *et al.,* 1995）。また，重要な餌生物であるサンマ科魚類では，スペイン南部沖のイルカやカリフォルニア海域のまぐろ類の胃内容物に耳石が出現している（Frost, 1924, Pinkas *et al.,* 1971）。

年齢研究では，南オーストラリアのサヨリ科の *Reporhamphus melanochir*，日本海のトビウオ科のホソトビとツクシトビウオに関する報告がある（Ling, 1958, 岡地，1958）。サンマ科では，南オレゴンからカリフォルニア海域のサンマは2年以上の複数年齢であるとされているが（Sunada, 1974），近年，北西太平洋のサンマは日周輪の解析によりサンマの寿命は1 ～ 2年未満と推定されている（西村ら，1985, Watanabe and Kuji, 1991， 巣山ら，1992, Suyama *et al.,* 1996, Oozeki and Watanabe, 2000）。また，最近の研究では，サンマ大型群の耳石縁辺部に透明帯（輪紋）が形成されることが報告され（巣山・桜井，2000，巣山，2002），さらに体長組成と輪紋の形成 type から0歳魚と1歳魚の2グループの存在が推察されている（Suyama *et al.,* 2006）。

本研究では，メダカ科1種，サヨリ科2種，トビウオ科13種，ダツ科4種，サンマ科1種の耳石を収集した。

25-1．メダカ科 Adrianichthyidae

メダカ *Oryzias latipes*

外形は縦長楕円形（D 型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は棒状型（b 型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は比較的幅広く，前縁中央部付近から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁に達する（Ⅰ_1型）。輪紋は，表面観察では不明確である。

25-2．サヨリ科 Hemiramphidae

クルメサヨリ *Hyporhamphus intermedius*

外形は後部が幅広い楕円形（B 型）で，前角は発達しないが，前上角がやや発達し，欠刻がやや明確である。側面形は弱い反り状型（a 型）である。溝はやや浅く，欠刻部から後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められる（Ⅱ_3型）。輪紋は，表面観察および薄

片観察でやや明瞭である

サヨリ *Hyporhamphus sajori*

外形はやや後部が幅広い楕円形（B 型）で，前角と前上角はやや発達し，欠刻はやや明確である。側面形は弱い反り状型（a 型）か棒状型（b 型）である。溝はやや浅く，欠刻部から後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められる（Ⅱ₃型）。近縁のクルメサヨリとの明瞭な差異はない。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

25-3．トビウオ科 Exocoetidae

クロビレサヨリトビウオ *Oxyporhamphus convexus convexus*

外形はサヨリに似た楕円形（B 型）で，前角がやや発達するが，前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形はやや強い反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が後部にみられる。溝はやや浅く，欠刻部から中央付近まで認められる（Ⅲ型）。輪紋は，表面観察ではやや不明瞭である。

ダルマトビ *Prognichthys sealei*

外形は前縁がやや尖った楕円形（B 型）で，前角と前上角が発達せず，欠刻は不明確である。側面形は反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が後部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（Ⅱ₁型）。輪紋は，表面観察ではやや不明瞭である。

ザカトビウオ *Prognichthys brevipinnis*

外形は楕円形（B 型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が後部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（Ⅱ₁型）。輪紋は，表面観察ではやや不明瞭である。

ニノジトビウオ *Hirundichthys speculiger*

外形はやや長めの楕円形（B 型）で，前角と前上角が発達せず，欠刻は不明確である。側面形はやや強い反り状型（A 型）である。凹面には，弱い隆起が後部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，僅かに湾曲して後縁付近まで認められる（Ⅱ₁型）。輪紋は，表面観察ではやや不明瞭である。

ホソアオトビ *Hirundichthys oxycephalus*

外形は前縁部が幅広い楕円形（B 型）で，前角と前上角が発達せず，欠刻は不明確である。側面形は反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が後部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，中央の後部付近まで認められる（Ⅱ₃型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

アヤトビウオ *Cypselurus poecilopterus*

外形は楕円形（B 型）で，前角と前上角が発達せず，欠刻は不明確である。側面形はやや強い反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が後部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（Ⅱ₁型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である．

オオアカトビ *Cypselurus stuttoni*

外形は長楕円形（C 型）で，前角と前上角が発達せず，欠刻は不明確である。側面形はやや強い反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，中央と後部の中間付近まで認められ，後端が僅かに上方に曲がる（Ⅱ₃型）。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

アカトビ *Cypselurus atrisignis*

外形は長楕円形（C 型）で，前角はやや発達するが，前上角が発達せず，欠刻は不明確である。側面形はやや強い反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，中央と後部の中間付近まで認められる（Ⅱ₃型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

サンノジダマシ *Cypselurus abei*

外形は長楕円形（C 型）で，前角はやや発達するが，前上角が発達せず，欠刻は不明確である。側面形は反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められる（Ⅱ₃型）。輪紋は，表面観察ではやや不明瞭である。

オジロトビ *Cypselurus exiliens*

外形は上縁にやや丸みがある長楕円形（C 型）で，前角はやや発達するが，前上角が発達せず，欠刻は不明確である。側面形はやや強い反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（Ⅱ₁型）。輪紋は，表面観察ではやや不明瞭である。

ホソトビウオ *Cypselurus hiraii*

外形は長楕円形（C 型）で，前角はやや発達するが，前上角が発達せず，欠刻は不明確である。側面形は反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が後部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められる（Ⅱ₃型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭であるが，薄片観察では不明瞭である。

ツクシトビウオ *Cypselurus heterurus doederleini*

外形は長楕円形（C 型）で，前角と前上角が発達せず，欠刻は不明確である。側面形はやや強い反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が後部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近ま

で認められる（Ⅱ$_1$型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭であるが，薄片観察では不明瞭である。

カラストビウオ *Cypselurus cyanopterus*

外形は長楕円形（C型）で，前角は発達するが，前上角が発達せず，欠刻は不明確である。側面形はやや強い反り状型（a型）である。凹面には，弱い隆起が後部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，前部が幅広く，中央と後縁の中間付近まで認められる（Ⅱ$_3$型）。輪紋は，表面観察ではやや不明瞭である。

25-4．ダツ科 Belonidae

ハマダツ *Ablennes hians*

外形は前縁がやや尖った楕円形（B型）で，前角はやや発達するが，前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は反り状型（a型）である。溝は細く，欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（Ⅱ$_1$型）。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

ダツ *Strongylura anastomella*

外形は後部がやや幅広い楕円形（B型）で，前角はやや発達するが，前上角が発達せず，欠刻は不明確である。側面形は半広線形型（c型）である。溝は細く，欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（Ⅱ$_1$型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

オキザヨリ *Tylosurus crocodilus crocodilus*

外形はダツに似た楕円形（B型）で，前角と前上角がやや発達し，欠刻はやや明確である。側面形は強い反り状型（a型）である。溝は細く，欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（Ⅱ$_1$型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭であるが，薄片観察では不明瞭である。

テンジクダツ *Tylosurus acus melanotus*

外形はやや標準型の楕円形（B型）で，前角は発達しないが，前上角がやや発達し，欠刻はやや明確である。側面形は弱い反り状型（a型）である。溝は細く，欠刻部から後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められる（Ⅱ$_3$型）。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

25-5．サンマ科 Scomberesocidae

サンマ *Cololabis saira*

外形は前縁部にやや大きい凹みがある楕円形（B型）で，前角と前上角が発達し，欠刻は明確である。側面形はやや弱い反り状型（a型）か棒状型（b型）である。溝はやや広く，欠刻部から中央付近まで認められる（Ⅲ型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭で，最近では年輪のであることが確認されている。

ダツ目魚類の耳石長比および相対耳石サイズを種間で比較する。耳石長比は0.80～2.27の範囲で，トビウオ科のオオアカトビとカラストビウオが最も大きく，メダカ科のメダカ（縦長楕円形）が最も小さい。科間の比較では，トビウオ科が2.01（1.72～2.27）で大きく，ダツ科が1.77（1.50～1.90），サヨリ科が1.67（1.64～1.69）でそれに次ぎ，サンマ科（1.48）とメダカ科（0.79）が小さい。また，トビウオ科では，ダルマトビが1.72で最も小さいが，最も大きいオオアカトビやカラストビウオ(2.27)に比べ，相違がみられる。

相対耳石サイズは5.31～37.02の範囲で，トビウオ科のサンノジダマシが最も大きく，サンマ科のサンマが最も小さい。科間の比較では，トビウオ科が32（29～37）で大きく，次いでメダカ科(21)，サヨリ科(13)，ダツ科（8），サンマ科（5）の順に小さい。全体的にみて，トビウオ科とサヨリ科，ダツ科，サンマ科との相違は明確である。

ダツ目魚類の耳石形態の特徴をまとめると，外形はメダカ科のみが縦長楕円形（D型）であり，他の科・種は殆どが楕円形（B型）である。全体的にみて，サンマ以外は前上角が発達せず，欠刻は殆どが不明確である。側面形は反り状型（a型）が主体で，トビウオ科は強い反り状である。凹面の隆起はトビウオ科に僅かに認められる。溝は，メダカ（Ⅰ型）とサンマ（Ⅲ型）以外はⅡ型であり，全体的に細い。相対耳石サイズでは，トビウオ科が大きく，他の科との相違は明確である。

26. カサゴ目（Scorpaeniformes）・カサゴ亜目（Scorpaenoidei）（Table 2-7, Figs. 2-19, 2-20, 2-21）

日本産のカサゴ目魚類は3亜目22科327種で，スズキ目魚類に次いで魚種数が多い。カサゴ亜目のフサカサゴ科とカジカ亜目のカジカ科，クサウオ科の3科で，カサゴ目全種のほぼ60%を占めている。カサゴ目魚類の種数が比較的多いので，カサゴ亜目とカジカ亜目，セミホウボウ亜目に分けて耳石形態の特徴を記載する。

カサゴ亜目魚類は，11科183種。これらの種には有用魚が多いが，その中で最も重要なフサカサゴ科をみると，その過半数がメバル属で，商品価値の高い中，高級魚も少なくない。メバル属は一般に，東北海域では体色と生息域の相違からメバル類，ソイ類とメヌケ類の3銘柄に分けられている。メバル類とソイ類は浅海～漸深帯の岩礁性で，体色が淡いのがメバル類，黒ずんでいるのがソイ類で，メヌケ類は深海帯の岩礁性で，体色が一般に濃赤色であり，底刺網漁業や遊魚の重要な対象種になっている。耳石による形態と年齢に

Table 2-6. Sample list used for otolith measurement (Gasterosteiformes, Mugiliformes, Atheriniformes, Cyprinodontiformes, Beloniformes)

Family Japanese name	Scientific name	Abbreviation	Size category	Sample size	Mean total length	Range	Otolith length (mm)	Otolith width (mm)	Otolith area index	Length: height ratio	Relative otolith size	Code of external-side-sulcus forms		
Aulorhynchidae														
Kudayagara	*Aulichthys japonicus*	Aj		2	96	56-136	0.98	0.49	0.50	1.96	10.06	B	b	iv
Gasterosteidae														
Ibaratomiyo	*Pungitius pungitius*	Pp		1	59	59	0.68	0.54	0.62	1.26	11.52	B	b	III
Fistulariidae														
Akayagara	*Fistularia petimba*	Fa		2	1081	1002-1160	0.90	0.60	0.05	1.50	0.83	F	b	iv
Macroramphosidae														
Sagifue	*Macroramphosus scolopax*	Ms		2	120	118-122	0.79	0.65	0.43	1.24	6.56	F	b	iv
Syngnathidae														
Youjiuo	*Syngnathus schlegeli*	Ss		2	268	266-270	1.06	0.54	0.21	1.96	3.45	B	b	III
Sangotatsu	*Hippocampus japonicus*	Hm		1	47	47	0.25	0.23	0.12	1.09	5.31	A	a	iv
Mugilidae														
Bora	*Mugil cephalus cephalus*	Mc	Small	2	125		4.38	2.03	7.11	2.17	35.00	C	a	II$_1$
			Large	5	336		8.52	3.69	9.36	2.31	26.00			
Menada	*Chelon haematocheilus*	Ch		4	293	259-388	7.63	3.18	8.28	2.40	26.00	C	a	II$_1$
Atherinidae														
Ginisoiwashi	*Hypoatherina tsurugae*	Ht		1	124	124	3.55	2.90	8.30	1.22	27.01	B	a	II$_1$
Tougorouiwashi	*H. valenciennei*	Hv		1	96	96	2.55	2.25	5.98	1.13	25.56	A	a	III
Poeciliidae														
Guppy	*Poecilia reticulata*	Pr		4	37	35-38	0.92	0.88	2.19	1.05	25.06	A	a	II$_1$
Adrianichthyidae														
Medaka	*Oryzias latipes*	Ol		3	31	29-33	0.66	0.82	1.75	0.80	21.26	D	b	I$_1$
Hemiramphidae														
Kurumesayori	*Hyporhamphus intermedius*	Hi		2	235	216-254	2.97	1.84	2.33	1.64	12.61	B	a	II$_3$
Sayori	*H. sajori*	Hs		10	224	135-333	3.12	1.85	2.58	1.69	14.04	B	a,b	II$_3$
Exocoetidae														
Kurobiresayoritobiuo	*Oxyporhamphus convexus convexus*	Oc		5	186	178-196	5.92	3.26	10.38	1.86	31.87	B	a	III
Darumatobi	*Prognichthys sealei*	Ps		8	204	187-241	6.74	3.91	12.92	1.72	33.26	B	a	II$_1$
Zakatobiuo	*P. brevipinnis*	Pb		6	195	166-213	6.82	3.72	13.01	1.80	35.00	B	a	II$_1$
Ninojitobiuo	*Hirundichthys speculiger*	Hw		2	245	236-253	8.35	4.28	14.59	1.96	34.19	B	a	II$_1$
Hosoaotobi	*H. oxycephalus*	Ho		4	249	220-266	7.81	4.20	13.17	1.87	31.61	B	a	II$_3$
Ayatobiuo	*Cypselurus poecilopterus*	Cp		13	222	184-264	7.57	4.04	13.78	1.88	34.33	B	a	II$_1$
Ooakatobi	*C. stuttoni*	Cs		7	301	270-331	9.71	4.23	13.65	2.27	32.28	C	a	II$_3$
Akatobi	*C. atrisignis*	Ca		7	285	256-310	9.74	4.51	15.41	2.17	34.21	C	a	II$_3$
Sannojidamashi	*C. abei*	Cy		4	229	220-242	8.46	3.89	14.37	2.19	37.02	C	a	II$_3$
Ojirotobi	*C. exiliens*	Ce		9	216	213-278	8.46	4.19	16.41	2.01	34.54	C	a	II$_1$
Hosotobiuo	*C. hiraii*	Ch		4	245	239-254	7.30	3.44	10.25	2.13	29.85	C	a	II$_3$
Tsukushitobiuo	*C. heterurus doederleini*	Cd		2	276	254-327	7.43	3.93	10.58	2.05	29.21	C	a	II$_1$
Karasutobiuo	*C. cyanopterus*	Cc		5	307	283-327	9.46	4.18	12.88	2.27	30.87	C	a	II$_3$
Belonidae														
Hamadatsu	*Ablennes hians*	Ah		1	915		6.20	3.30	2.24	1.88	6.77	B	a	II$_1$
Datsu	*Strongylura anastomella*	Sa		2	583	305-855	4.45	2.40	1.83	1.79	6.74	B	c	II$_1$
Okizayori	*Tylosurus crocodilus crocodilus*	Tc		1	700		6.40	3.35	3.06	1.91	9.14	B	a	II$_1$
Tenjikudatsu	*T. acusmelanotus*	Ta		3	522	483-544	4.47	2.98	2.55	1.50	8.56	B	a	II$_3$
Scomberesocidae														
Sanma	*Cololabis saira*	Co		14	327	294-342	1.74	1.16	0.62	1.48	5.31	B	a,b	III

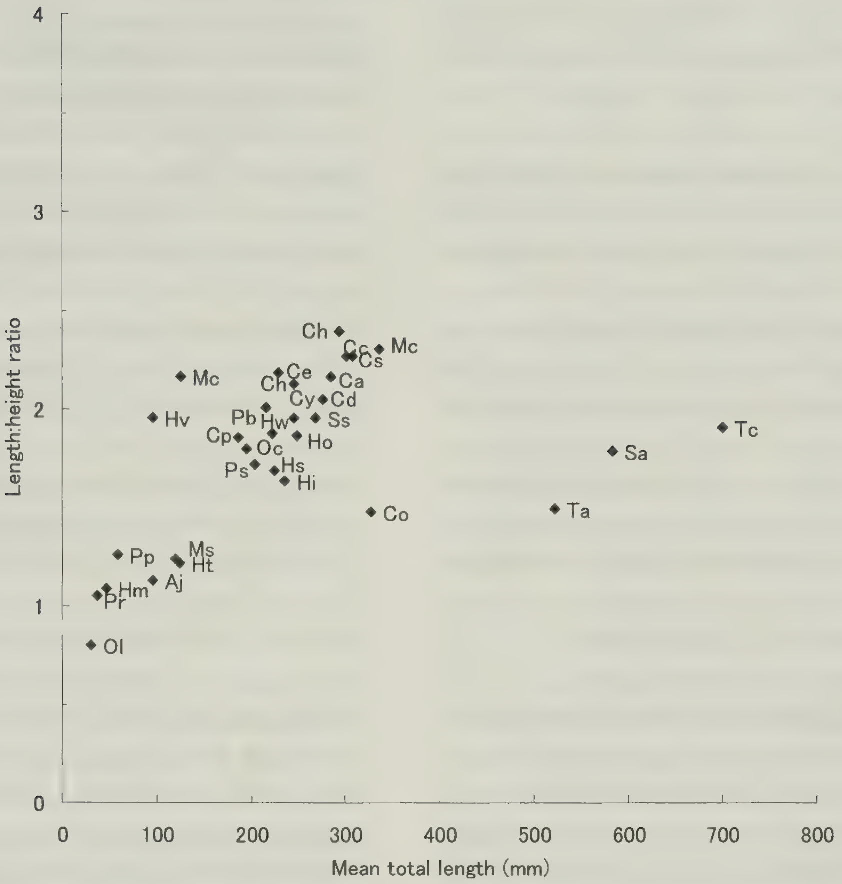


Fig. 2-17. Relation of otolith length:height ratio to total length (Gasterosteiformes, Mugiliformes, Atheriniformes, Cyprinodontiformes, Beloniformes). Abbreviations see table 2-6.

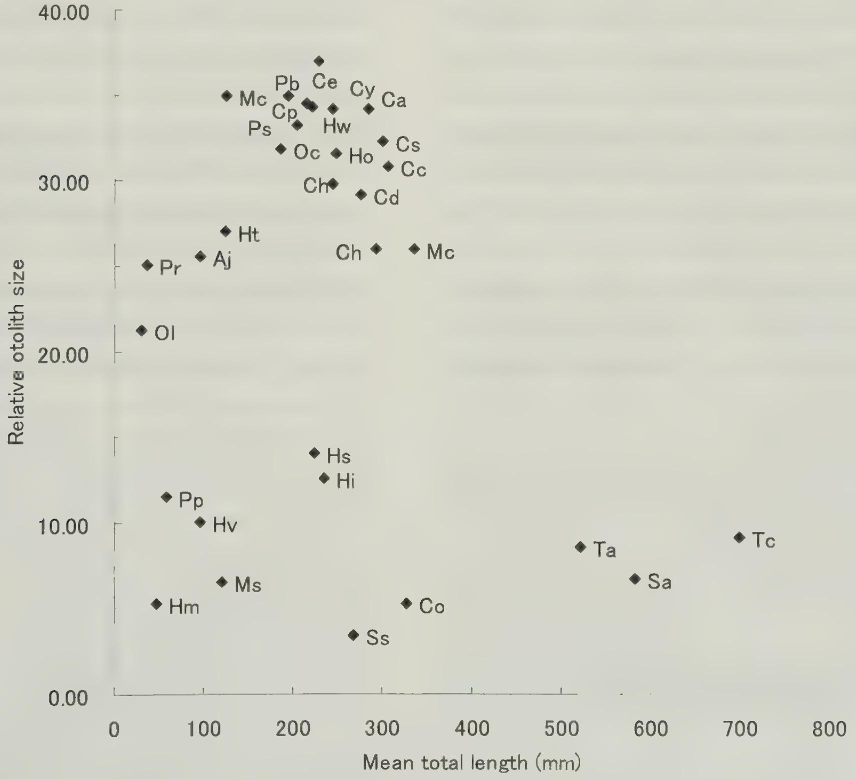


Fig. 2-18. Relation of otolith length:height ratio to total body length (Gasterosteiformes, Mugiliformes, Atheriniformes, Cyprinodontiformes, Beloniformes). Abbreviations see table 2-6.

関する研究においても，国内外共にフサカサゴ科対象としたものが殆どで，しかもその中の大部分がメバル属で行われている

耳石の形態に関する研究は，フサカサゴ科（Scorpaenidae）のメバル属（*Sebastes*）では瀬戸内海のアコウダイとメバルの外形，溝の形状等の特徴（松島，1958），バレンツ海，アイスランド近海等6海域の *S. viviparus* の地理的相違と輪紋の性状（Kotthaus, 1961），バレンツ海ベア島近海の *S. mentella* の耳石縁辺部の透明，不透明帯の出現状況（Trout, 1961b），カリフォルニア州からワシントン州近海の *S. entomelas* の透明帯形成（Pearson, 1996）に関する報告がある。また，南カリフォルニア近海の *Sebastodes* 属10種の外形に関する研究報告がある（Phillips, 1964）。複数の科を対象にした研究では，日本産フサカサゴ科（Scorpaenidae）21種，オニオコゼ科（Synanceiidae）3種，ハオコゼ科（Tetrarogidae）3種，ホウボウ科（Triglidae）5種，コチ科（Platycephalidae）5種，ハリゴチ科（Hoplichthyidae）2種について，外形，側面形，溝の形状等の特徴に関する報告がある（Ohe, 1985）。また，南アフリカ周辺海域のフサカサゴ科22種，ホウボウ科9種，コチ科7種，ハリゴチ科1種，セミホウボウ科2種，Congiopodidae 科2種について，写真画像とともに形態の詳細な記載が示されている（Malcolm *et al.*, 1995）。最近では北西大西洋のフサカゴ科5種，ホウボウ科3種について，凹凸両面の写真画像が提示されている（Campana, 2004）。耳石化石の研究では，カリフォルニア沿岸部のフサカサゴ科とホウボウ科（Fitch, 1964, 1966, 1967a, 1968, Hudoleston and Barker, 1978），静岡県掛川市と神奈川県北部のハリゴチ科とフサカサゴ科（大江，1983, 1991）に関する報告がある。異常耳石では，オレゴン州沖コッブ海山海域のゴケメヌケ（*S. entomelas*）が報告されている（Pearson *et al.*, 1993）。また，カサゴ目魚類は，魚食性魚類や海生哺乳類による捕食は殆どみられないが，オレゴン州の湾内のオットセイの胃内容物の耳石に，フサカサゴ科のメバル属が比較的多く出現する（Brown and Mate, 1983）。

年齢に関する研究は，フサカサゴ科メバル属を対象にした研究が最も多く，国内ではメバル（*S. inermis*）を主体に，ウスメバル（*S. tompsoni*），クロソイ（*S. schlegelii*），キツネメバル（*S. vulpes*），タケノコメバル（*S. oblongus*）とエゾメバル（*S. taczanowskii*）についての報告がある。九州福岡沿岸域，松島湾，瀬戸内海播磨灘，瀬戸内海山口県沿岸域，若狭湾，相模湾，仙台湾のメバル（三尾，1961a，畑中・飯塚，1962，横川ら，1992b, 藤村ら，1997，宮嶋ら，1999, Utagawa and Taniuchi., 1999，久田ら，2000，富川 2000, 2001），新潟県西部沿岸域，日本海青森県沿岸域，青森県八戸沖，新潟県沿岸域のウスメバル（鈴木ら，1978，涌坪・田村，1983，三戸，1993，飯塚，1994，加藤・樋口，1999），南三陸沿岸域，北海道後志沿岸域のクロソイ（宮城水試，1989，酒井ら，1990，佐々木ら，2004），松島湾，青森県八戸沖，北海道西部海域のキツネメバル，タケノコメバルとエゾメバル（畑中・飯塚，1962，飯塚，1994, Sekigawa *et al.*, 2000）に関する研究報告がある。国外では，S. marinus を対象にした研究がやや多く，その他11種に関する研究報告がある。ノルウェー沿岸域，米国北西部メーン湾，メーン湾北部の *S. Marinus* (Bratberg, 1956, Kelly and Wolf, 1959, Kelly and Barker, 1961)，ノルウェー沿岸域の *S. viviparous* (Trout, 1961ab)，ワシントン州太平洋岸域の *S. emphaeus* (Moulton, 1975)，北東太平洋，カナダ西部太平洋の *S. alutus* (Westrheim, 1973, Beamish., 1979)，ワシントン州沿岸域の *S. flavidus* (Kimura *et al.*, 1979)，中部カリフォルニア州沿岸域の *S. serranoides* (Love and Westphal, 1981)，米国太平洋岸域の *S. pinniger* と *S. diploproa* (Boehlert and Yoklavich, 1984, Boehlert, 1985)，北東大西洋の *S. marinus* と *S. mentella* (Nedreaas, 1990)，カリフォルニア州北からオレゴン州沿岸域の *S. entomelas* (Pearson *et al.*, 1991, 1993)，オレゴン州沿岸域の *S. Pinniger*, *S. melanops* と *S. favidus* (Six and Horton, 1997) に関する研究報告がある。その他の属に関する研究はメバル属に比べて少なく，キチジ属（*Sebastolobus*）では，東北海域のキチジ（三河，1985，服部，1998），カサゴ属（*Sebastiscus*）では，佐世保湾，福岡県沿岸域，瀬戸内海，山口県の日本海沿岸域，瀬戸内海播磨灘，佐賀県沿岸域のカサゴ（水江，1958，三尾，1961b，大分水試，1974，有薗ら，1974，横川ら，1992a，林ら，1995），ユメカサゴ属（*Helicolenus*）では，オーストラリア南西海域，南・北カロライナ州沿岸域，大西洋アイルランド沖の *H. percoides* と *H. d.dactylopterus* (Withell and Wankowski, 1988, White *et al.*, 1998, Kelly *et al.*, 1999) に関する報告がある。

メバル属やカサゴ属等のフサカサゴ科の年齢査定は，全体的には耳石表面の輪紋の読み取りで行われているが，高齢魚や魚種によっては耳石表面からは輪紋が読み取れない場合があり，1980年以降は薄片法による年齢査定研究が比較的多くなっている。また，キツネメバルの年齢査定では薄片法との比較検討から，6歳魚以上の高齢魚は，表面の輪紋読み取り法では過小評価になると指摘されている（Sekigawa *et al.*, 2003）。その他の科はフサカサゴ科に比べ極め

て少なく，オニオコゼ科（Synanceiidae）では，島根県東部沿岸域のオニオコゼの高齢魚では，年齢査定が困難とされており（清川ら，2000），新潟県沿岸域のオニオコゼでは，後翼状骨による年齢査定が行われている（渡邊ら，2003）。また，ホウボウ科（Triglidae）では，ニュージーランド北沿岸域の *Chelidonichthys kumu*，ブラジル南部沿岸域の *Prionotus punctatus*（Staples 1971, 1972, Andrade 2004）），コチ科（Platycephalidae）では，西オーストラリア汽水域の *Platycephalus speculator* に関する研究報告がある（Hyndes *et al.*, 1992）。

本研究においては，フサカサゴ科35種，オニオコゼ科２種，ハオコゼ科１種，イボオコゼ科１種，ホウボウ科５種，ウバゴチ科１種，コチ科７種，ハリゴチ科１種から耳石を収集した。

26-1．フサカサゴ科 Scorpaenidae

ハチ *Apistus carinatus*

外形は長楕円形（C 型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確であるが，個体によって相違がみられる。側面形は反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（$Ⅱ_1$型）。輪紋は，表面観察ではやや不明瞭であるが，薄片観察では明瞭な年輪構造が認められる。

アカカサゴ *Setarches lonimanus*

外形は前縁部が大きく欠けている楕円形(B 型)で，前角と前上角が発達し，欠刻は著しく明確である。側面形は反り状型（a 型）である。溝は浅く，欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（$Ⅱ_1$型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

ミノカサゴ *Pterois lunulata*

外形は楕円形（B 型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確である。外形（輪郭）は左右でやや異なっている。側面形は反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から斜め下方に延び，下縁の後部に達する（$Ⅰ_2$型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

キチジ *Sebastolobus macrochir*

外形は前縁部の凹みが大きい楕円形（B 型）で，前角と前上角はやや発達し，欠刻は明確である。側面形はやや厚く，弱い反り状型（a 型）か棒状型（b 型）である。凹面には，弱い隆起が下部にみられる。溝は浅いが，欠刻部から後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められるが（$Ⅱ_3$型），個体により長さが異なる（$Ⅱ_1$型）。輪紋は，表面観察ではやや不明瞭であるが，薄片観察により年齢査定が行われている。

オニカサゴ *Scorpaenopsis cirrosa*

外形は先端が尖った広線形（E 型）で，前角は発達するが，前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（$Ⅱ_1$型）。輪紋は表面観察で明瞭である。

イズカサゴ *Scorpaena neglecta*

外形は長楕円形（C 型）で，前角は発達するが，前上角はあまり発達しない。個体による相違があるものの，フサカサゴ属の他の２種に比べて，欠刻がやや小さい。側面形は反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が下部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められる（$Ⅱ_3$型）。輪紋は表面観察および薄片観察で明瞭である。

フサカサゴ *S. onaria*

外形は長楕円形（C 型）で，前角と前上角が発達し，欠刻は明確である。側面形は反り状型である（a 型）。凹面には，弱い隆起が中央部にみられる。溝はやや深く，欠刻部から後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められ，後端で僅かに下方に曲がる（$Ⅱ_3$型）。輪紋は表面観察および薄片観察で明瞭である。

コクチフサカサゴ *S. miostoma*

外形は長楕円形（C 型）で，前角は発達するが前上角があまり発達せず，欠刻はやや明確である。側面形は強い反り状型（a 型）である凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝はやや深く，欠刻部から後方に延び，中央付近から下方に曲がり，下縁の後部付近まで認められる（$Ⅱ_2$型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

ユメカサゴ *Helicolenus hilgendorfi*

外形は楕円形（B 型）で，前角はやや発達し，前上角があまり発達しないが，欠刻はやや明確である。外形の輪郭には，個体による相違がみられる。側面形は反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が前部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，中央と後部の中間付近まで認められる（B_3型）。輪紋は表面観察および薄片観察で明瞭であり，年齢査定は可能である。

オキカサゴ *H. avius*

外形は長楕円形（C 型）で，前角が発達し，前上角はあまり発達しないが，欠刻は明確である。側面形は反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が中央から後部にみられる。溝はやや深く，欠刻部から後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められる（$Ⅱ_3$型）。輪紋は表面観察および薄片観察で明瞭であり，年齢査定は可能である。

アヤメカサゴ *Sebastiscus albofasciatus*

外形は長楕円形（C 型）で，前角がやや発達するが，前上角はあまり発達せず，欠刻は不明確である。側面形は反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が

前部にみられる。溝はやや浅く，欠刻部から後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められる（Ⅱ₃型）。輪紋は，表面観察および薄片観察でやや明瞭である

カサゴ *S. marmoratus*

外形は長楕円形（C型）で，前角がやや発達し，前上角はあまり発達せず，欠刻はやや明確であるが，個体による相違がみられる。側面形は反り状型（a型）である。凹面には，弱い隆起が中央から前部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められる（Ⅱ₃型）。輪紋は表面観察および薄片観察では明瞭であり，年齢査定が可能である。

ホウズキ *Hozukius emblemarius*

外形は楕円形（B型）で，前角はやや発達するが，前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は強い反り状型(a型)である。溝は欠刻部から後方に延び，やや斜め下方の後縁に達する（Ⅰ₁型）。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

アコウダイ *Sebastes matsubarae*

外形は楕円形（B型）で，前角が発達し，前上角はあまり発達しないが，欠刻はやや明確である。側面形は厚く，強い反り状型（a型）である。凹面には，弱い隆起が後部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，中央後部から下方に曲がり，下縁の後部に達する（Ⅰ₂型）。輪紋は，表面の観察では不明瞭である

アラスカメヌケ *S. alutus*

外形は上縁から後縁の凹凸が顕著な楕円（B型）形で，前角がやや発達するが，前上角はあまり発達せず，欠刻はやや明確である。側面形は反り状型（a型）である。凹面には，弱い隆起が前部にみられる。溝の形状は不明である。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

ハツメ *S. owstoni*

外形は楕円形（B型）で，前角と前上角がやや発達し，欠刻はやや明確であるが，個体による相違がみられる。側面形は反り状型（a型）である。凹面には，弱い隆起が前，後部にみられる。溝はやや浅いが，欠刻部から後方に延び，やや斜め下方の後縁付近まで認められる（Ⅱ₁型）。輪紋は，表面観察でも薄片観察でも不明瞭である

ヒレグロメヌケ *S. borealis*

外形は楕円形（B型）で，前角と前上角はあまり発達せず，欠刻は不明確である。側面形はやや厚く，強い反り状型（a型）である。凹面には，弱い隆起が後部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，やや斜め下方の後縁に達する（Ⅰ₁型）。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

バラメヌケ *S. baramenuke*

外形は楕円形（B型）で，前角が発達し，前上角もやや発達するので，欠刻は明確である。側面形は反り状型（a型）である。溝はやや深く，欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（Ⅱ₁型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭であるが，薄片観察では明瞭である。

オオサガ *S. iracundus*

外形は楕円形（B型）で，前角がやや発達するが，前上角はあまり発達せず，欠刻は不明確である。側面形は厚みがある反り状型（a型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝はやや深く，欠刻部から後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められる（Ⅱ₃型）。輪紋は，表面観察でも薄片観察でも不明瞭である。

クロメヌケ *S. glances*

外形は楕円形（B型）で，前角がよく発達している。前上角はあまり大きくないが，欠刻は明確である。側面形は反り状型（a型）である。溝は欠刻部から後方に延び，やや斜め下方の後縁付近まで認められる（Ⅱ₁型）。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

ヤナギメバル *S. itinus*

外形は長楕円形（C型）で，前角が発達し，前上角はあまり発達せず，欠刻はやや明瞭であるが，個体による相違がみられる。側面形は反り状型(a型)である。凹面には，弱い隆起が中央部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められる（Ⅱ₃型）。輪紋は表面観察および薄片観察で明瞭であり，年齢査定が可能である。

ガヤモドキ *S. wakiyai*

外形は楕円形（B型）で，前角はやや発達するが，前上角は発達せず，欠刻はやや不明確である。側面形は反り状型（a型）である。溝はやや浅く，欠刻部から後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められる（Ⅱ₃型)。後部に溝と接続しないやや大きい凹みがある。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

ヤナギノマイ *S. steindachneri*

外形は楕円形（B型）で，前角が発達し，前上角はあまり発達しないが，欠刻はやや明確である。側面形は反り状型（a型）である。凹面には，弱い隆起が中央部にみられる。溝はやや浅く，欠刻部から後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められる（Ⅱ₃型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭であるが，薄片観察では不明瞭である。

エゾメバル *S. taczanowskii*

外形は楕円形（B型）で，前角が発達し，前上角はあまり発達しないが，欠刻はやや明確である。側面形はやや強い反り状型（a型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝はやや深く，欠刻部か

ら後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められる（Ⅱ₃型）。輪紋は表面観察および薄片観察で明瞭であり，年齢査定が可能である。

ウスメバル *S. tompsoni*

外形は楕円形（B 型）で，前角が発達し，前上角はあまり発達せず，欠刻はやや明確であるが，個体による相違がみられる。全長70 mm の幼魚は，前上角が発達し，欠刻は明確である。側面形はやや強い反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められる（Ⅱ₃型）。輪紋は表面観察および薄片観察で明瞭であり，年齢査定が可能である。

メバル *S. inermis*

外形は楕円形（B 型）で，前角が発達し，前上角はあまり発達しないが，欠刻はやや明確である。側面形は反り状型（a 型）である。溝はやや浅く，欠刻部から後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められる（Ⅱ₃型）。輪紋は表面観察や薄片観察で明瞭であり，年齢査定に用いられている。

クロソイ *S. schlegelii*

外形は長楕円形（C 型）で，前角は発達するが，前上角は発達せず，欠刻は明確でない。全長89 mm の幼魚は，前上角が発達し，欠刻は明確である。側面形は反り状型（a 型）である。溝は欠刻部からやや斜め下方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められる（Ⅱ₃型）。輪紋は表面観察および薄片観察で明瞭であり，年齢査定が可能である。

タケノコメバル *S. oblongus*

外形は長楕円形（C 型）で，前角が発達し，前上角はあまり発達しないが，欠刻はやや明確である。側面形は反り状型である（a 型）。溝は浅く，欠刻部からやや斜め下方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められる（Ⅱ₃型）。輪紋は表面観察および薄片観察で明瞭であり，年齢査定が可能である。

キツネメバル *S. vulpes*

外形は長楕円形（C 型）で，前角が発達し，前上角はあまり発達しないが，欠刻はやや明確である。側面形はやや強い反り状型（a 型）である。溝は浅く，欠刻部から後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められる（Ⅱ₃型）。輪紋は表面観察および薄片観察で明瞭であり，年齢査定が可能である。

ゴマソイ *S. nivosus*

外形は長楕円形（C 型）で，前角が発達し，前上角はあまり発達しないが，欠刻はやや明確である。側面形はやや薄く，強い反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が前部から中央部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められる（Ⅱ₃型）。輪紋は表面観察および薄片観察で明瞭であり，年齢査定が可能である。

シマゾイ *S. trivittatus*

外形は楕円形（B 型）で，前角がやや発達するが，前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められる（Ⅱ₃型）。輪紋は表面観察で明瞭である。

ヨロイメバル *S. hubbsi*

外形は長楕円形（C 型）で，前角が発達し，前上角はあまり発達せず，欠刻はやや明確であるが，個体による相違がみられる。側面形はやや強い反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められる（Ⅱ₃型）。輪紋は，表面観察および薄片観察でやや明瞭である。

ムラソイ *S. pachycephalus pachycephalus*

外形は長楕円形（C 型）で，前角が発達し，前上角はあまり発達しないが，欠刻はやや明確である。側面形はやや強い反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が中央付近にみられる。溝は欠刻部からやや斜め下方に延び，後縁の下部に達する（Ⅰ₁型）。輪紋は，表面観察および薄片観察でやや明瞭である。

オウゴンムラソイ *S. pachycephalus nudus*

外形は長楕円形（C 型）で，前角が発達し，前上角はあまり発達せず，欠刻はやや明確であるが，個体による相違がみられる。側面形は厚い反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が中央部にみられる。溝の形状は不明である。輪紋は，表面観察では不明確であるが，薄片観察では明瞭である。

アカブチムラソイ *S. pachycephalus chalcogrammus*

外形は長楕円形（C 型）で，前角と前上角はあまり発達せず，欠刻は不明確である。側面形はやや強い反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められ，後端が下方に僅かに曲がる（Ⅱ₃型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

26-2．オニオコゼ科 Synanceiidae

オニオコゼ *Inimicus japonicus*

外形は楕円形（B 型）で，前角はやや発達するが，前上角はあまり発達せず，欠刻は不明確である。側面形は強い反り状型（a 型）である。溝は幅広く，欠刻部から後方に延び，中央の後部付近まで認められる（Ⅱ₃型）。輪紋は，表面観察ではやや不明瞭であるが，薄片観察では明瞭な輪紋構造が認められる。

ヒメオコゼ *Minous monodactylus*

外形は楕円形（B 型）で，前角はやや発達するが，

前上角はあまり発達せず，欠刻は不明確である。側面形は反り状型（a 型）である。溝は浅いが，欠刻部から後方に延び，後端がやや幅広くなり後縁に達する（I_1型）。輪紋は，表面観察ではやや不明瞭であるが，薄片観察では明瞭な輪紋構造が認められる。

26-3．ハオコゼ科 Tetrarogidae

ハオコゼ *Hypodytes rubripinnis*

外形は楕円形（B 型）で，前角が発達し，前上角はあまり発達しないが，欠刻はやや明確である。側面形は反り状型(a 型)である。溝は欠刻部から後方に延び，中央後部から僅かに下方に曲がり，中央と後縁の中間付近まで認められる（II_3型）。輪紋は，表面の観察では不明瞭であるが，薄片観察では明瞭な輪紋構造が認められる。

26-4．イボオコゼ科 Aploactinidae

アブオコゼ *Erisphex pottii*

外形は楕円形（B 型）で，前角と前上角はあまり発達しないが，欠刻はやや明確である。但し，個体による相違がみられる。側面形は弱い反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，中央付近で僅かに下方に曲がり，中央と後縁の中間付近まで認められる（II_3型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭であるが，薄片観察では不明瞭である。

26-5．ホウボウ科 Triglidae

ホウボウ *Chelidonichthys spinosus*

外形は楕円形（B 型）で，前角はあまり発達しないが，前上角が発達し，欠刻は明確である。側面形はやや厚く，強い反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，僅かに下方に湾曲して，後縁付近まで認められる（II_1型）。輪紋は表面観察および薄片観察で明瞭である。

カナド *Lepidotrigla guentheri*

外形は楕円形（B 型）で，前角は発達しないが，前上角がやや発達し，欠刻はやや明確である。側面形は反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が後部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，後端が僅かに下方に曲がり，後縁付近まで認められる（II_1型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

ソコカナガシラ *L. abyssalis*

外形は楕円形（B 型）で，前角は発達しないが，前上角は僅かに発達し，欠刻はやや明確である。側面形は反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が後部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（II_1型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

オニカナガシラ *L. kishinouyei*

外形は楕円形（B 型）で，前角は発達せず，前上角がやや発達するが，欠刻は不明確である。側面形は上，下縁がやや内側に曲がった反り状型（a 型）である。溝は深く，欠刻部から後方に延び，後端が僅かに下方に曲がり，中央と後縁の中間付近まで認められる（II_3型）。輪紋は表面観察および薄片観察で明瞭である。

カナガシラ *L. microptera*

外形は楕円形（B 型）で，前角はあまり発達せず，前上角がやや発達し，欠刻はやや明確であるが，個体による相違がみられる。側面形はやや強い反り状型(a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，後端が僅かに下方に曲がり，中央と後縁の中間付近まで認められる（II_3型）。輪紋は表面観察および薄片観察で明瞭である。

26-6．ウバゴチ科 Parabembridae

ウバゴチ *Parabembras curta*

外形は後縁が尖った長楕円形（C 型）で，前角がやや発達し，前上角はあまり発達しないが，欠刻はやや明確である。側面形は反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められる（II_3型）。輪紋は表面観察で明瞭である。

26-7．コチ科 Platycephalidae

マゴチ *Platycephalus* sp.

外形はやや幅広い広線形（E 型）で，前角が発達するが，前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形はやや強い反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が後部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められる（II_3型）。輪紋は表面観察および薄片観察で明瞭で，年齢査定は可能である。

イネゴチ *Cociella crocodile*

外形は広線形（E 型）で，前角が発達するが，前上角はあまり発達せず，欠刻は不明確である。側面形は強い反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，中央の後部付近まで認められる（II_3型）。輪紋は表面観察および薄片観察で明瞭である。

トカゲゴチ *Inegocia japonica*

外形は広線形（E 型）で，前角が発達し，前上角はあまり発達しないが，欠刻はやや明確である。84 ～ 112 mm の小型魚の外形は長楕円形（C 型）である。側面形は反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆

起が中央下部にみられる。溝は幅欠刻部から後方に延び，中央の後部付近まで認められる（Ⅱ₃型）。輪紋は表面観察および薄片観察で明瞭である。

ワニゴチ *I. guttata*

外形は長楕円形（C型）で，前角が発達し，前上角はあまり発達せず，欠刻は明確でない。側面形は反り状型（a型）である。溝は欠刻部から後方に延び，中央の後部付近まで認められる（Ⅱ₃型）。輪紋は，表面観察および薄片観察でやや明瞭である。

メゴチ *Suggrundus meerdervoortii*

外形は長楕円形（C型）で，前角が発達し，前上角はあまり発達しないが，欠刻はやや明確である。111～148 mmの小型魚は長楕円形（C型），215～256 mmの大型魚は広線形（E型）である。側面形は反り状型（a型）である。溝は欠刻部から後方に延び，中央の後部付近まで認められる（Ⅱ₃型）。輪紋は，表面の観察では明瞭であるが，薄片観察では不明瞭である。

オニゴチ *Onigocia spinosa*

外形は長楕円形（C型）で，前角が発達するが，前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は反り状型（a型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，中央の後部付近まで認められる（Ⅱ₃型）。輪紋は，表面観察および薄片観察でやや明瞭である。

アネサゴチ *O. macrolepis*

外形は長楕円形（C型）で，前角が発達し，前上角はあまり発達しないが，欠刻はやや明確である。側面形は反り状型（a型）である。溝は欠刻部から後方に延び，中央の後部付近まで認められる（Ⅱ₃型）。輪紋は表面観察および薄片観察で明瞭である。

26-8．ハリゴチ科 Hoplichthyidae

ソコハリゴチ *Hoplichthys gilberti*

外形は楕円形（B型）で，前角は発達せず，前上角がやや発達するが，欠刻は不明確である。側面形は弱い反り状型（a型）である。凹面には，弱い隆起が中央から前部にみられる。溝は浅く，中央部に楕円形状に認められる（Ⅳ型）。輪紋は表面観察および薄片観察で明瞭である。

カサゴ亜目魚類の耳石長比および相対耳石サイズを種間で比較する。耳石長比は1.31～3.51の範囲で，フサカサゴ科のオニカサゴが最も大きく，ハリゴチ科のソコハリゴチが最も小さい。体長の大きさによる相違は，フサカサゴ科のイズカサゴ，カサゴ，ウスメバル，メバルとキツネメバルではみられないが，コチ科のトカゲゴチとメゴチでは認められ，体長が大きいほど耳石長比は大きく（細長く）なる傾向がある。フサカサゴ科では，オニカサゴ（オニカサゴ属）が3.51で最も大きく，アカカサゴ（シロカサゴ属）が1.32で最も小さい。メバル属は，種数が最も多く，1.62～2.40（1.8～2.2主体）で，比較的狭い範囲にある。フサカサゴ科以外の科では，コチ科のマゴチが3.47で最も大きく，ハリゴチ科のソコハリゴチが1.31で最も小さく，次いでホウボウ科は1.35～1.49の範囲で小さい。

相対耳石サイズは，14.69～57.40の範囲で，フサカサゴ科のコクチフサカサゴが最も大きく，ホウボウ科のホウボウが最も小さい。体長の大きさによる相違は，イズカサゴにややみられるが，体長に大，小があるフサカサゴ科4種では認められない。フサカサゴ科の属でみると，フサカサゴ属が51～58で大きく，ミノカサゴ属，ホウズキ属とシロカサゴ属が21～23で小さい。メバル属は30～50の範囲で，アコウダイが最も大きく，アカブチムラソイが最も小さい。フサカサゴ科以外の科では，コチ科のワニゴチが53で最も大きく，ホウボウ科のホウボウが15で最も小さい。コチ科（7種）では，体長が大きくなるに従って，相対耳石サイズが小さくなる傾向がみられ，また，全体（7科）的にもその傾向がやや窺われる。

カサゴ亜目魚類の耳石形態の特徴を整理すると，外形は，フサカサゴ科ではオニカサゴ，コチ科ではマゴチ，イネゴチとトカゲゴチが広線形（E型）であるが，それ以外は楕円形（B型）と長楕円形（C型）である。全体的にみて，前角は発達するが，前上角はあまり発達しない。側面形は，種によって強弱があるが全て反り状型（a型）である。凹面の隆起はほぼ半数の魚種にみられ，ほぼ全面や各部に僅かに認められる。溝は殆どがⅡ型で，Ⅰ型（ミノカサゴ，ホウズキ，アコウダイ，ヒレグロメヌケ，ムラソイとオニオコゼ）とⅣ型（ソコハリゴチ）が僅かに出現する。Ⅱ型では，Ⅱ₃型が主体で，コチ科は全てⅡ₃型である。耳石形態の組み合わせコードは，C-a-Ⅱ₃型，B-a-Ⅱ₃型とB-aⅡ₁型が主体である。耳石長比は1.31～3.51の範囲で，オニカサゴが最も大きく，ソコハリゴチが最も小さい。フサカサゴ科のメバル属は1.7～2.2主体で，比較的狭い範囲にある。コチ科では，体長が大きくなるに従って，耳石長比が大きくなる傾向がみられる。相対耳石サイズは15～58の範囲で，コクチフサカサゴが最も大きく，ホウボウが最も小さいが，フサカサゴ科のメバル属は30～50で比較的大きい。コチ科では，体長が大きくなるに従って，相対耳石サイズが小さくなる傾向がみられる。

フサカサゴ科の代表的な属であるメバル属の魚種に

ついて，耳石形態を生息水深に注目しての種間比較する。生息水深（銘柄）別には一般に，沿岸域（Neritic region, Sublittoral zone）の約100メートル以浅と約100～200メートルのメバル類，ソイ類と漸深海底帯（約200メートル以深，Bathyal zone）のメヌケ類に分けられる。沿岸域（約100メートル以浅）7種，沿岸域（約100～200メートル）6種，漸深海底帯（約200メートル以深）7種のデータを用いて，生息域間で耳石形態の特徴を比較した（Table 2-8）。耳石測定値を基に，分散分析（ANOVA）および多重比較（Multiple comparison among means: Tuley-Kramer method（5％ level））を行ったところ，耳石高に対する耳石長の比は，群間で有意差が認められ（$f=7.61$, $p<0.01$），200 m 以深の漸深海底帯に生息するメヌケ類が，200 m 以浅の沿岸域のメバル類，ソイ類よりも，有意に細長い耳石であることが示された。また相対耳石サイズについては，群間で弱い有意差があり（$f=4.47$, $0.01<p<0.05$），沿岸域の約100メートル以浅が約100～200メートルよりも相対的に小さい耳石であることが示された。外形形状は，側面形は全て反り状型であるものの，浅いほうが円形で深くなるほど楕円になる傾向がみられた。また溝についても，浅いほど耳石後縁まで達せず中央と後縁の途中で途切れていた。欠刻は深くなるほど明瞭になり，凹面の隆起も明瞭になっていた。年齢形質である輪紋（表面観察）については，反対に浅くなるほど明瞭になった。生息水深によって，外形，溝の形状，輪紋に相違が認められることが判明した。

また，日本周辺に生息するメバルには，黒，赤と白の体色が異なった3型が生息し（中坊 2000），また形態学的，遺伝学的に識別される Reddish type, Blackish type, Dark brownish type が存在するとされる（Kai and Nakabo（2002））。南三陸沿岸域では，黒褐色型（一般的）と赤褐色型（稀）の生息が確認されている（酒井 1986）。南三陸の志津川湾で採集した20 cm 強のメバル赤色型（Reddish type）と黒色型（Blackish type）の耳石を比較したところ，外形の形状はともに楕円形（B型）でやや明瞭な欠刻があり，側面形は反り状型（a型），溝はⅡ$_3$型で相違はみられなかった。また，相対耳石サイズにも有意差が認められなかった（Table 5-9）。しかし，耳石高および耳石高に対する耳石長の比には有意差が検出され。赤色型の方が黒色型よりも耳石高が小さく細長い形をしていることがわかった。Kai and Nakabo（2002）の記載した外部形態のみならず，耳石形態も両者で異なっていることが示された。

27. カサゴ目（Scorpaeniformes）・カジカ亜目（Cottoidei），セミホウボウ亜目（Dactylopteridae）

（Table 2-10, Figs. 2-19, 2-22, 2-23）

日本産のカジカ亜目魚類は10科186種，セミホウボウ亜目魚類は1科3種が知られている。セミホウボウ亜目の3種は，いずれも南日本の大陸棚に生息する。カジカ亜目のギンダラ科とアイナメ科は近縁の科魚類であるが，生息域は深海と浅海で全く異なっている。オニオコゼ科ではオニオコゼが有用種で，浅海の岩礁性魚類である。ホウボウ科はトゲカナガシラ，オニカナガシラ，カナガシラ，カナド等が有用種で，浅海の砂泥域に生息している。その他，ケムシカジカ科とカジカ科では海産のケムシカジカ，トゲカジカ，ギスカジカ，淡水産のカジカ，ヤマノカミ等，トクビレ科ではトクビレ，ダンゴウオ科ではホテイウオが有用種で，淡水産以外はいずれも浅海の岩礁性魚類である。カジカ亜目とセミホウボウ亜目魚類の形態，年齢研究はカサゴ亜目魚類に関するものに比べかなり少ない。

耳石形態研究では，日本産のアイナメ科2種，トクビレ科1種，カジカ科10種，クサウオ科2種，セミホウボウ科2種の外形と溝の形状等の特徴（Ohe, 1985），カムチャッカ半島から南東アラスカ海域のキタノホッケの外形と輪紋（Anderi *et al.* 1996），英国南西部プリマス海域のカジカ科 *Taurulus bubalis* の扁平石，星状石と礫石の形状（Lovell *et al.* 2005）に関する報告がある。また，北西大西洋のケムシカジカ科1種，カジカ科11種，ウラナイカジカ科2種，トクビレ科3種，ダンゴウオ科2種，クサウオ科6種について，凹凸両面の写真画像が提示されている（Campana, 2004）。さらに，南アフリカ周辺海域のウラナイカジカ科2種について，写真画像とともに形態の詳細な記載が示されている（Malcolm *et al.*, 1995）。耳石化石の研究では，カリフォルニア沿岸部のカジカ科に関する報告がある（Fith, 1964, 1966, 1967a, 1968）。また，オレゴン州の湾内のオットセイの胃内容物には，ギンダラとアイナメ類の耳石が比較的多く出現する（Brown and Mate, 1983）。

年齢研究では有用種であるアイナメ科（Hexagrammidae）を主対象に，福島県沿岸域，仙台湾，北海道木古内湾のアイナメ（福島水試，1974，小林ら，1990，平川，1992，泉，1998ab，関川ら，2002），北海道日本海，北海道根室海峡のホッケ（久新・高杉，1957, 矢吹，1990, 1994），相模湾油壺のクジメ（Kurita *et al.*, 1991）に関する報告がある。また，ギンダラ科（Anoplopomatidae）では，カナダ太平洋沿岸，北カリフォルニア海域のギンダラ（Beamish and Chilton, 1982, Fujiwara and Hankin,

Table 2-7. Sample list used for otolith measurement (Scorpaeniformes (I. Scorpanoidei))

Family	Japanese name	Scientific name	Abbreviation	Size category	Sample size	Mean total length	Range	Otolith length (mm)	Otolith width (mm)	Otolith area index	Length: height ratio	Relative otolith size	Code of external-side-sulcus forms		
Scorpaenidae															
	Hachi	*Apistus carinatus*	Ac		7	121	76-150	5.71	2.67	12.60	2.13	47.23	C	a	$\mathrm{II}_{\mathrm{II}}$
	Akakasago	*Setarches longimanus*	Sl		1	248	248	5.80	4.40	10.29	1.32	23.38	B	a	$\mathrm{II}_{\mathrm{II}}$
	Minokasago	*Pterois lunulata*	Pl		1	162	162	3.35	2.00	4.14	1.68	20.67	B	a	I
	Kichiji	*Sebastolobus macrochir*	Sm		10	170	99-292	7.08	4.21	17.53	1.67	42.69	B	A,B	$\mathrm{II}_{\vert}$
	Onikasago	*Scorpaenopsis cirrosa*	Sc		1	165	165	7.55	2.15	9.84	3.51	45.75	E	a	$\mathrm{II}_{\mathrm{II}}$
	Izukasago	*Scorpaena neglecta*	Sn	Small	15	86		4.77	2.18	12.09	2.17	56.23	C	a	II_{I}
			Sn	Large	16	201		9.05	3.87	17.42	2.34	45.24			
	Fusakasago	*S. onaria*	So		4	145	116-186	7.64	3.30	17.39	2.35	52.76	C	a	II
	Kokuchifusakasago	*S. miostoma*	Si		1	162	162	9.30	3.80	21.81	2.45	57.40	C	a	II_{I}
	Yumekasago	*Helicolenus hilgendorfi*	Hh		12	170	142-210	7.21	3.86	16.37	1.84	42.23	B	a	II_{I}
	Okikasago	*H. avius*	Ha		3	297	201-368	9.24	4.17	12.97	2.21	31.66	C	a	II
	Ayamekasago	*Sebastiscus salbofasciatu*	Ss		4	232	190-271	10.10	4.81	20.94	2.10	43.95	C	a	II
	Kasago	*S. marmoratus*	Sb	Small	20	168		7.41	3.28	14.47	2.26	44.24	C	a	II
			Sb	Large	5	246		10.08	4.60	18.85	2.20	41.08			
	Houzuki	*Hozukius emblemarius*	He		1	249	249	10.50	6.50	27.41	1.62	42.16	B	a	I_{II}
	Akoudai	*Sebastes matsubarae*	St		1	316	316	13.90	8.10	35.63	1.72	43.98	B	a	I
	Arasukamenuke	*S. alutus*	Sa		2	407	384-430	13.50	7.61	25.24	1.78	33.20	B	a	nd
	Hatsume	*S. owstoni*	Sw		5	189	136-265	7.98	4.42	18.66	1.79	42.82	B	a	$\mathrm{II}_{\mathrm{II}}$
	Hireguromenuke	*S. borealis*	Sr		1	418	418	14.90	8.40	29.94	1.77	35.64	B	a	I_{II}
	Baramenuke	*S. baramenuke*	Sk		7	323	242-438	12.55	7.72	30.00	1.62	40.18	B	a	$\mathrm{II}_{\vert}$
	Oosaga	*S. iracundus*	Sd		2	518	517-518	20.40	10.95	43.12	1.86	39.41	B	a	II
	Kuromenuke	*S. glances*	Sg		2	369	346-392	12.91	6.71	23.48	1.93	34.95	B	a	$\mathrm{II}_{\mathrm{II}}$
	Yanagimebaru	*S. itinus*	Sx		7	330	201-516	12.67	5.51	21.16	2.30	36.35	C	a	II_{I}
	Yanaginomai	*S. steindachneri*	Sh		2	216	208-224	9.15	4.95	20.97	1.85	42.36	B	a	II_{I}
	Ezomebaru	*S. taczanowskii*	Sz		15	277	190-315	11.48	6.02	24.95	1.98	43.63	B	a	II
	Usumebaru	*S. tompsoni*	Sp	Small	10	185		7.59	4.15	17.03	1.88	41.01	B	a	II
			Sp	Large	20	309		12.57	6.14	24.98	2.07	40.73			
	Mebaru	*S. inermis*	Sq	Small	20	164		7.01	4.03	17.23	1.74	42.86	B	a	II_{I}
			Sq	Large	5	210		8.94	5.29	22.52	1.69	42.45			
	Kurosoi	*S. schlegelii*	Su		20	257	240-300	9.35	4.37	15.90	2.14	36.45	C	a	II
	Takenokomebaru	*S. oblongus*	Sy		3	235	219-243	8.07	3.73	12.81	2.16	34.29	C	a	II_{I}
	Kitsunemebaru	*S. vulpes*	Sv	Small	20	188		8.09	4.01	17.26	2.03	42.92	C	a	II_{I}
			Sv	Medium	20	332		13.41	6.38	25.77	2.10	40.35			
			Sv	Large	16	454		17.92	8.35	32.96	2.16	39.47			
	Gomasoi	*S. nivosus*	Sf		9	222	189-246	7.19	3.47	11.24	2.07	32.48	C	a	II_{I}
	Shimazoi	*S. trivittatus*	Str		2	253	250-255	9.38	5.03	18.65	1.87	37.27	B	a	II_{I}
	Yoroimebaru	*S. hubbsi*	Sj		5	170	142-187	5.90	2.47	8.57	2.40	34.87	C	a	II_{I}
	Murasoi	*S. pachycephalus pachycepha*	Spa		4	221	196-252	7.03	3.40	10.82	2.08	31.64	C	a	$\mathrm{I}_{\vert}$
	Ougonmurasoi	*S. pachycephalus nudus*	Spn		11	301	282-324	12.03	5.84	23.34	2.06	39.80	C	a	nd
	Akabuchimurasoi	*S. pachycephalus chalcogram.*	Spc		4	191	164-206	5.70	2.82	8.42	2.03	30.13	C	a	II_{I}
Synanceiidae															
	Oniokoze	*Inimicus japonicus*	Ij		6	157	133-194	3.95	2.18	5.48	1.81	23.61	B	a	II
	Himeokoze	*Minous monodactylus*	Mm		7	96	62-126	3.59	1.95	7.29	1.85	38.44	B	a	$\mathrm{I}_{\vert}$
Tetrarogidae															
	Haokoze	*Hypodytes rubripinnis*	Hr		6	76	67-72	3.52	1.78	8.24	1.99	46.36	B	a	II_{I}
Aploactinidae															
	Abuokoze	*Erisphex pottii*	Ep		4	112	68-149	2.73	1.69	4.12	1.64	25.73	B	a	II
Triglidae															
	Houbou	*Chelidonichthys spinosus*	Cs		8	320	257-406	4.67	3.48	5.08	1.36	14.69	B	a	$\mathrm{II}_{\mathrm{II}}$
	Kanado	*Lepidotrigla guentheri*	Lg		5	154	122-177	3.95	2.67	6.85	1.48	25.76	B	a	$\mathrm{II}_{\mathrm{II}}$
	Sokokanagashira	*L. abyssalis*	La		4	96	86-106	2.90	2.15	6.49	1.35	30.09	B	a	$\mathrm{II}_{\vert}$
	Onikanagashira	*L. kishinouyei*	Lk		7	136	92-210	3.41	2.31	5.79	1.47	25.17	B	a	II
	Kanagashira	*L. microptera*	Lm		10	138	105-184	2.87	2.12	4.41	1.35	20.91	B	a	II_{I}
Parabembridae															
	Ubagochi	*Parabembras curta*	Pc		2	175	150-200	6.78	3.21	12.44	2.11	38.86	C	a	II
Platycephalidae															
	Magochi	*Platycephalus* sp.	Ps2	Small	16	167	109-490	4.61	1.56	4.31	2.97	28.21	E	a	II_{I}
			Ps2	Large	1	352		8.92	2.92	7.40	3.08	25.34			
	Inegochi	*Cociella crocodila*	Cc		1	332	332	9.70	2.95	8.62	3.29	29.21	E	a	II
	Tokagegochi	*Inegocia japonica*	Ij	Small	6	98	84-243	4.40	1.83	8.22	2.40	44.93	E	a	II
			Ij	Large	1	240		9.00	2.75	10.31	3.26	37.54			
	Wanigochi	*I. guttata*	Ig		3	92	59-112	5.52	1.87	11.22	2.58	52.91	C	a	II_{I}
	Megochi	*Suggrundus meerdervoortii*	Sug	Small	6	130	116-256	4.68	1.70	6.12	2.75	35.88	C,E	a	II_{I}
			Sug	Large	1	241		8.91	2.57	9.50	3.47	37.16			
	Onigochi	*Onigocia spinosa*	Os		2	100	88-111	4.90	2.10	10.29	2.33	49.20	C	a	II
	Anesagochi	*O. macrolepis*	Om		3	121	117-125	5.27	2.27	9.89	2.34	43.49	C	a	II_{I}
Hoplichthyidae															
	Sokoharigochi	*Hoplichthys gilberti*	Hg		4	130	121-137	4.06	3.10	9.68	1.31	31.25	B	a	IV

Table 2-8. Comparsion of otolith characterinstics of Sebastes fishies among habitats of various water depth

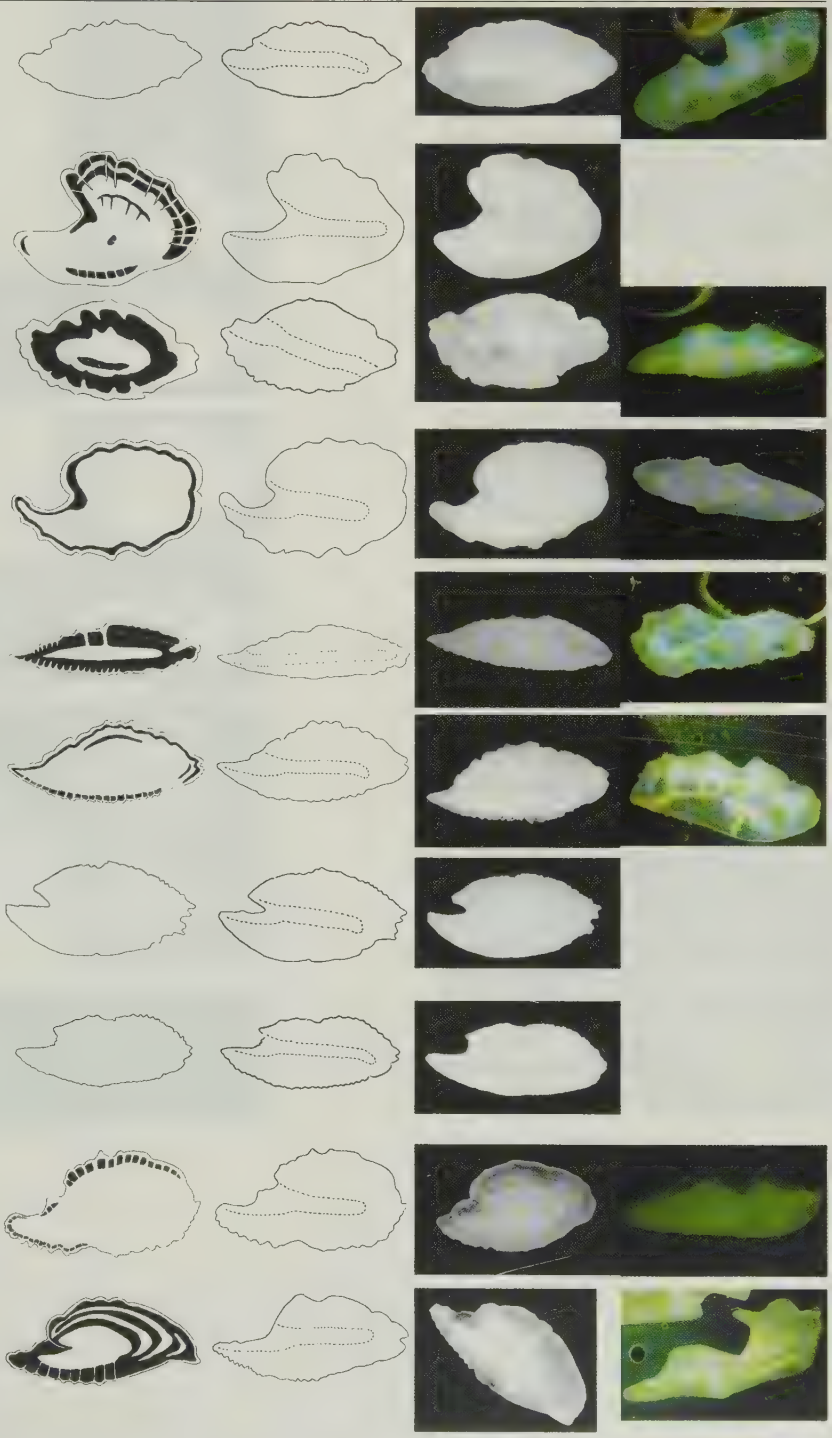
Habitat	Japanese name	Scientific name	Sample size	Mean total length (mm)	Range	Otolith length (mm)	Otolith width (mm)	Otolith area index	Length:height ratio	Relative otolith size	Code of external-side-sulcus	Excisural notch	Dorsal trough	Annular structure
Sublittoral zone, Neritic zone (<100m)														
	Mebaru	*S. inermis*	25	187	140-230	7.98	4.66	37.91	1.72	42.65	B a II$_3$	Intermediate	Absent	Well visible
	Kurosoi	*S. schlegelii*	20	257	240-300	9.35	4.37	40.98	2.14	36.45	C a II$_3$	Shallow	Absent	Well visible
	Takenokomebaru	*S. oblongus*	3	235	219-243	8.07	3.73	30.29	2.16	34.29	C a II$_3$	Shallow	Absent	Well visible
	Gomasoi	*S. nivosus*	9	222	189-246	7.19	3.47	25.11	2.07	32.48	C a II$_3$	Shallow	Poorly developed	Well visible
	Yoroimebaru	*S. hubbsi*	5	170	142-187	5.90	2.47	14.57	2.40	34.87	C a II$_3$	Shallow	Absent	Poorly visible
	Murasoi	*S. pachycephalus pachycephalus*	4	221	196-252	7.03	3.40	23.57	2.08	31.64	C a I$_1$	Shallow	Poorly developed	Poorly visible
	Akabuchimurasoi	*S. pachycephalus chalcogrammus*	4	191	164-206	5.70	2.82	16.18	2.03	30.13	C a II$_3$	Shallow	Absent	Poorly visible
			Mean	212		7.32	3.56	26.94	2.09	34.64				
Sublittoral zone, Neritic zone (>100m, <200m)														
	Yanagimebaru	*S. itinus*	7	330	201-516	12.67	5.51	77.02	2.30	36.35	C a II$_3$	Intermediate	Poorly developed	Well visible
	Yanaginomai	*S. steindachneri*	2	216	208-224	9.15	4.95	45.29	1.85	42.36	B a II$_3$	Intermediate	Poorly developed	Poorly visible
	Ezomebaru	*S. taczanowskii*	15	277	190-315	11.48	6.02	74.78	1.98	43.63	B a II$_3$	Intermediate	Poorly developed	Well visible
	Usumebaru	*S. tompsoni*	30	247	166-321	10.08	5.15	54.08	1.98	40.87	B a II$_3$	Intermediate	Absent	Well visible
	Kitsunemebaru	*S. vulpes*	56	325	166-568	13.14	6.25	89.77	2.10	40.91	C a II$_3$	Intermediate	Absent	Well visible
	Ougonmurasoi	*S. pachycephalus nudus*	11	301	282-324	12.03	5.84	70.51	2.06	39.80	C a ?	Intermediate	Poorly developed	Invisible
			Mean	283		11.43	5.62	68.58	2.05	40.65				
Bathyal zone (>200m)														
	Akoudai	*S. matsubarae*	1	316	316	13.90	8.10	112.59	1.72	43.98	B a I$_2$	Intermediate	Poorly developed	Invisible
	Arasukamenuke	*S. alutus*	2	407	384-430	13.50	7.61	102.89	1.78	33.20	B a ?	Intermediate	Poorly developed	Invisible
	Hatsume	*S. owstoni*	5	189	136-265	7.98	4.42	37.06	1.79	42.82	B a II$_1$	Intermediate	Poorly developed	Invisible
	Hireguromenuke	*S. borealis*	1	418	418	14.90	8.40	125.16	1.77	35.64	B a I$_1$	Shallow	Poorly developed	Invisible
	Baramenuke	*S. baramenuke*	7	323	242-438	12.55	7.72	99.05	1.62	40.18	B a II$_1$	Deep	nd	Poorly visible
	Oosaga	*S. iracundus*	2	518	517-518	20.40	10.95	223.39	1.86	39.41	B a II$_3$	Shallow	Poorly developed	Invisible
	Kuromenuke	*S. glances*	2	369	346-392	12.91	6.71	86.76	1.93	34.95	B a II$_1$	Deep	nd	Invisible
			Mean	363		13.73	7.70	112.41	1.78	38.60				

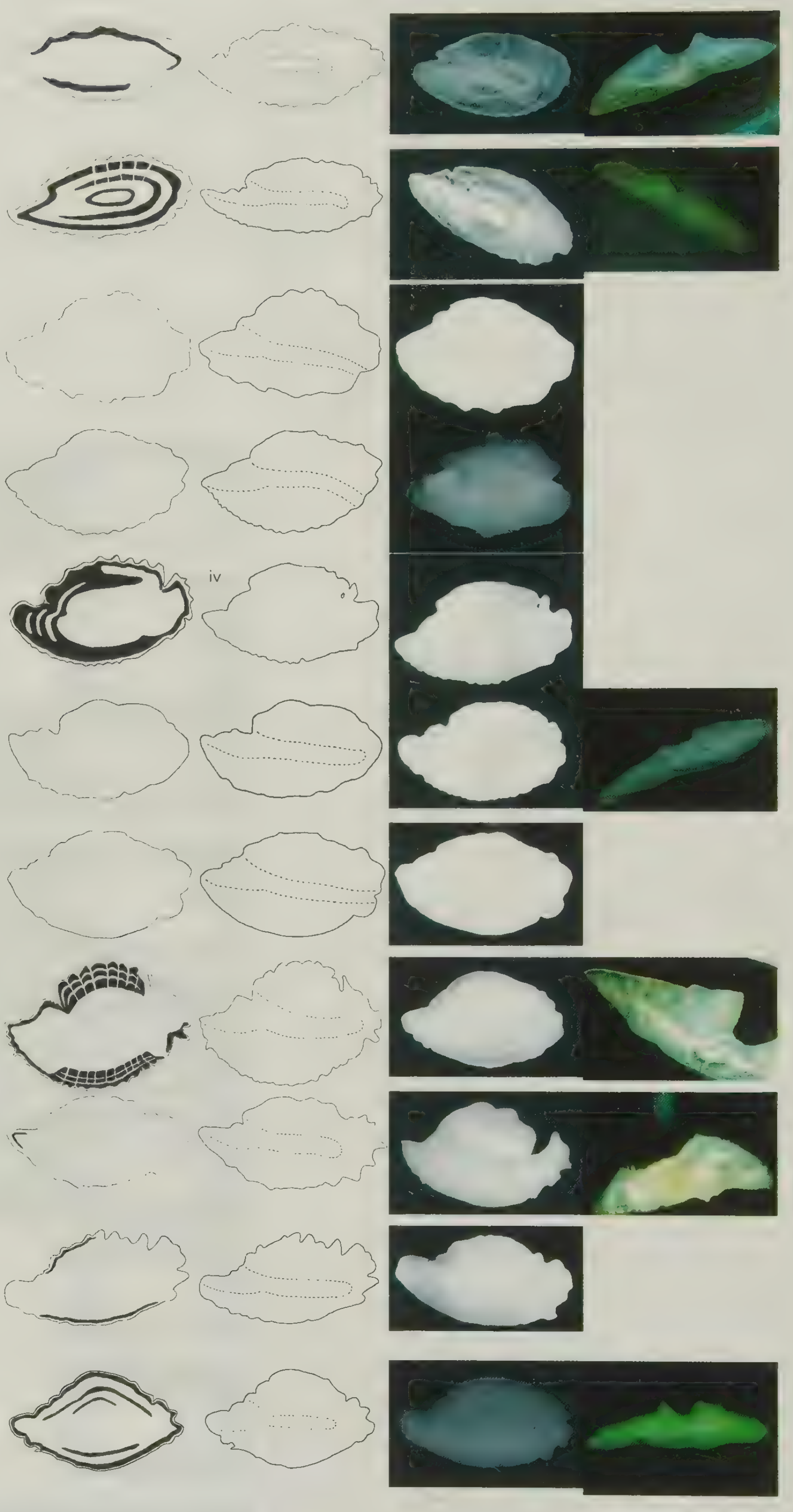
Table 2-9. Comparison of otolith characteristics between two types of Sebastes inermis caught in Shizugawa bay, nouthern Japan, in early January 1998

	Mean total length (mm)	Otolith length (mm)	Otolith width (mm)	Length:height ratio	Relative otolith size
Red type (n=5)					
Mean	214	8.9	4.5	2.00	41.52
Sd	13	0.5	0.2	0.13	0.76
Black type (n=5)					
Mean	220	9.0	5.4	1.66	40.96
Sd	18	0.9	0.4	0.07	1.79
t-value	0.20 ($p>0.05$)	0.90 ($p>0.05$)	3.97 ($p<0.01$)	5.11 ($p<0.01$)	0.19 ($p>0.05$)

Fig. 2-19. Illustrations of otolith external form and sulcus, and photographs of otolith external face under reflected light and burnt otolith section under UV light (Scorpaeniformes).

Japanese name / Scientific name	Surface view	Sulcus	Otolith external face under reflected light	Burnt otolith section under UV light
Hachi *Apistus carinatus*				
Akakasago *Setarches longimanus*				
Minokasago *Pterois lunulata*				
Kichiji *Sebastolobus macrochir*				
Onikasago *Scorpaenopsis cirrosa*				
Izukasago *Scorpaena neglecta*				
Fusakasago *S. onaria*				
Kokuchifusakasago *S. miostoma*				
Yumekasago *Helicolenus hilgendorfi*				
Okikasago *H. avius*				





Ayamekasago
Sebastiscu albofasciatu

Kasago
S. marmoratus

Houzuki
Hozukius emblemarius

Akoudai
Sebastes matsubarae

Arasukamenuke
S. alutus

Hatsume
S. owstoni

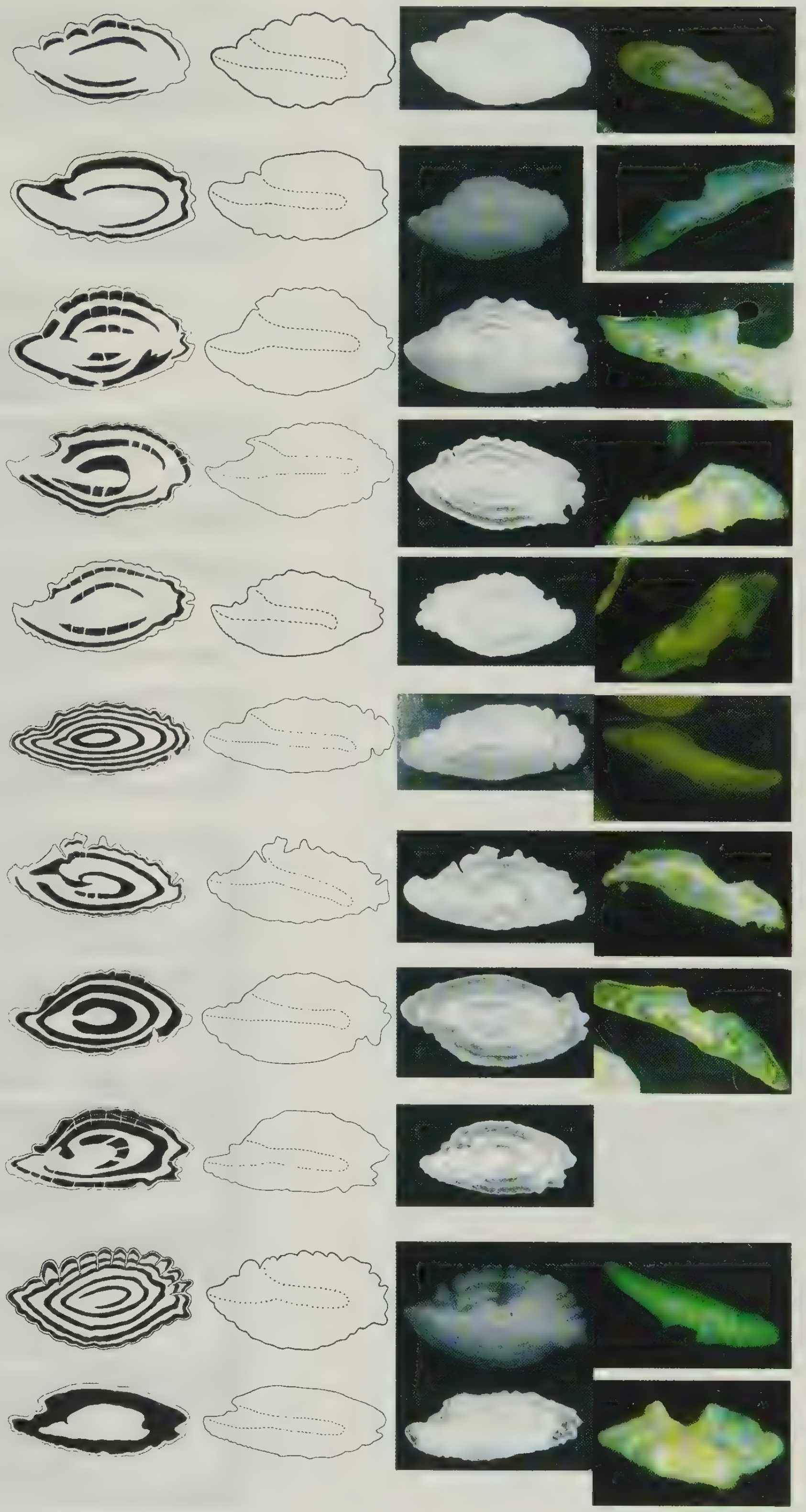
Hireguromenuke
S. borealis

Baramenuke
S. baramenuke

Oosaga
S. iracundus

Kuromenuke
S. glances

Gayamodoki
S. wakiyai



Yanagimebaru
S. itinus

Yanaginomai
S. steindachneri

Ezomebaru
S. taczanowskii

Usumebaru
S. tompsoni

Mebaru
S. inermis

Kurosoi
S. schlegelii

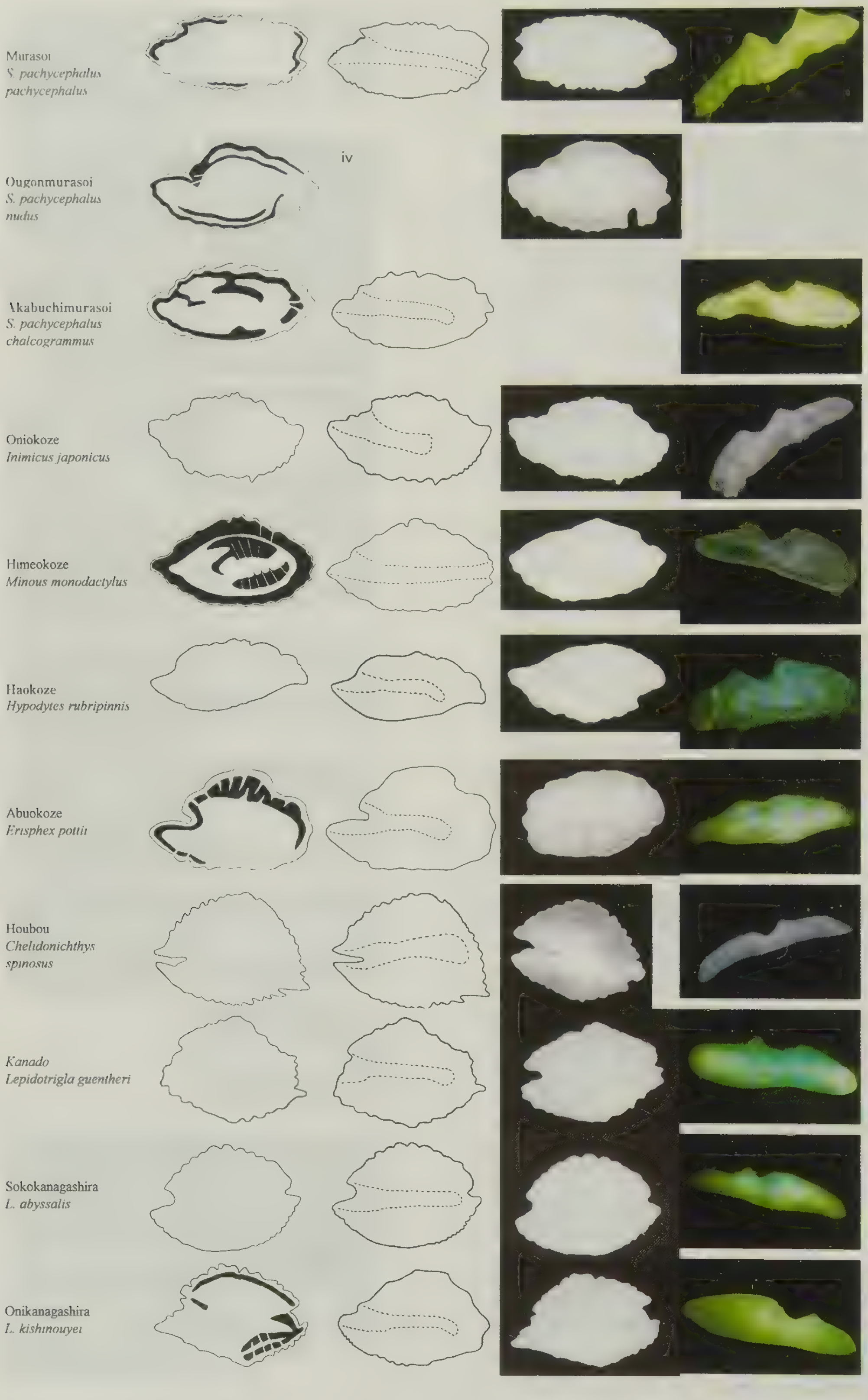
Takenokomebaru
S. oblongus

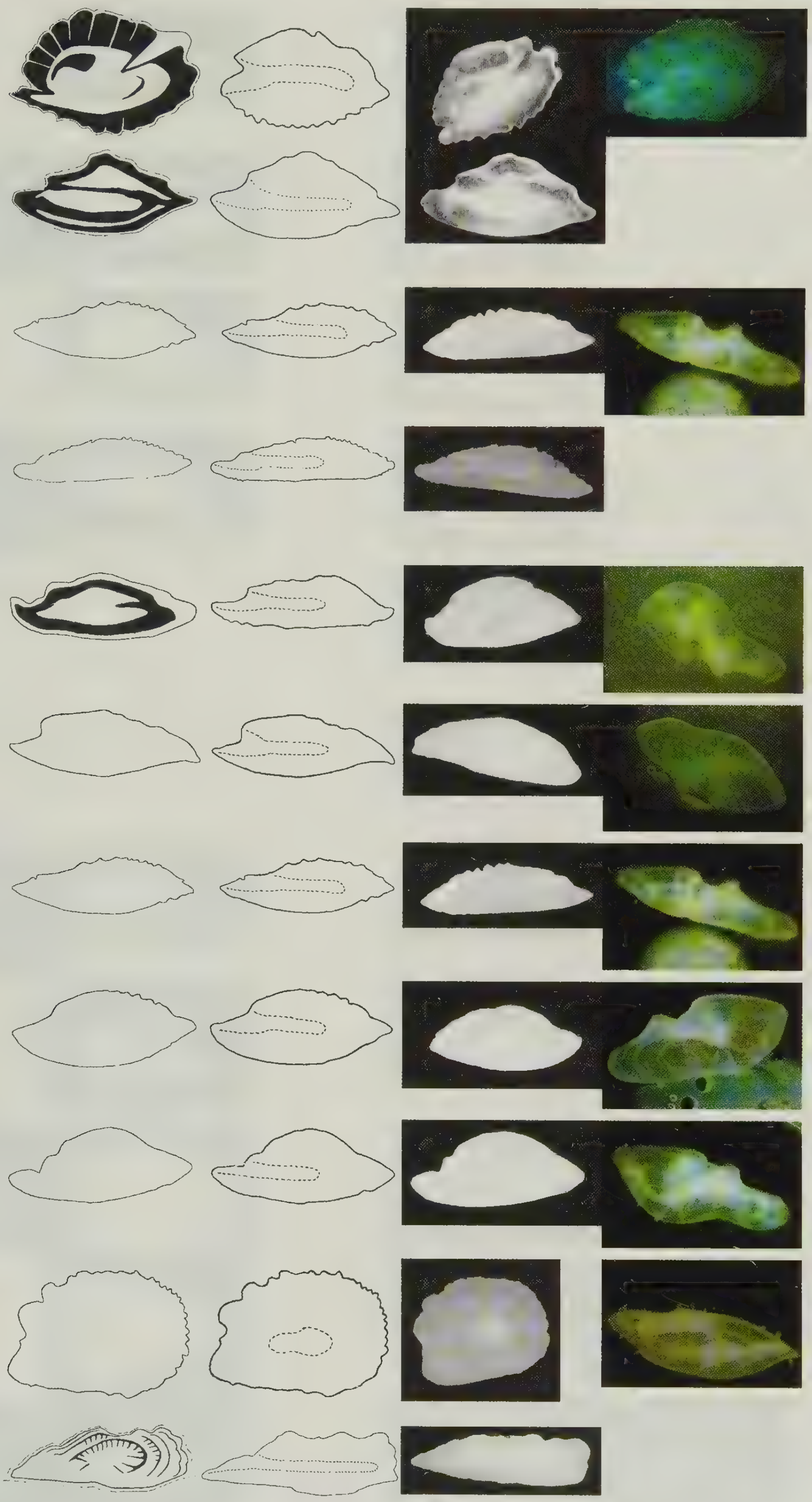
Kitsunemebaru
S. vulpes

Gomasoi
S. nivosus

Shimazoi
S. trivittatus

Yoroimebaru
S. hubbsi


Murasoi
S. pachycephalus pachycephalus
iv
Ougonmurasoi
S. pachycephalus nudus
Akabuchimurasoi
S. pachycephalus chalcogrammus
Oniokoze
Inimicus japonicus
Himeokoze
Minous monodactylus
Haokoze
Hypodytes rubripinnis
Abuokoze
Erisphex pottii
Houbou
Chelidonichthys spinosus
Kanado
Lepidotrigla guentheri
Sokokanagashira
L. abyssalis
Onikanagashira
L. kishinouyei



Kanagashira
L. microptera

Ubagochi
Parabembras curta

Magochi
Platycephalus sp.

Inegochi
Cociella crocodila

Tokagegochi
Inegocia japonica

Wanigochi
I. guttata

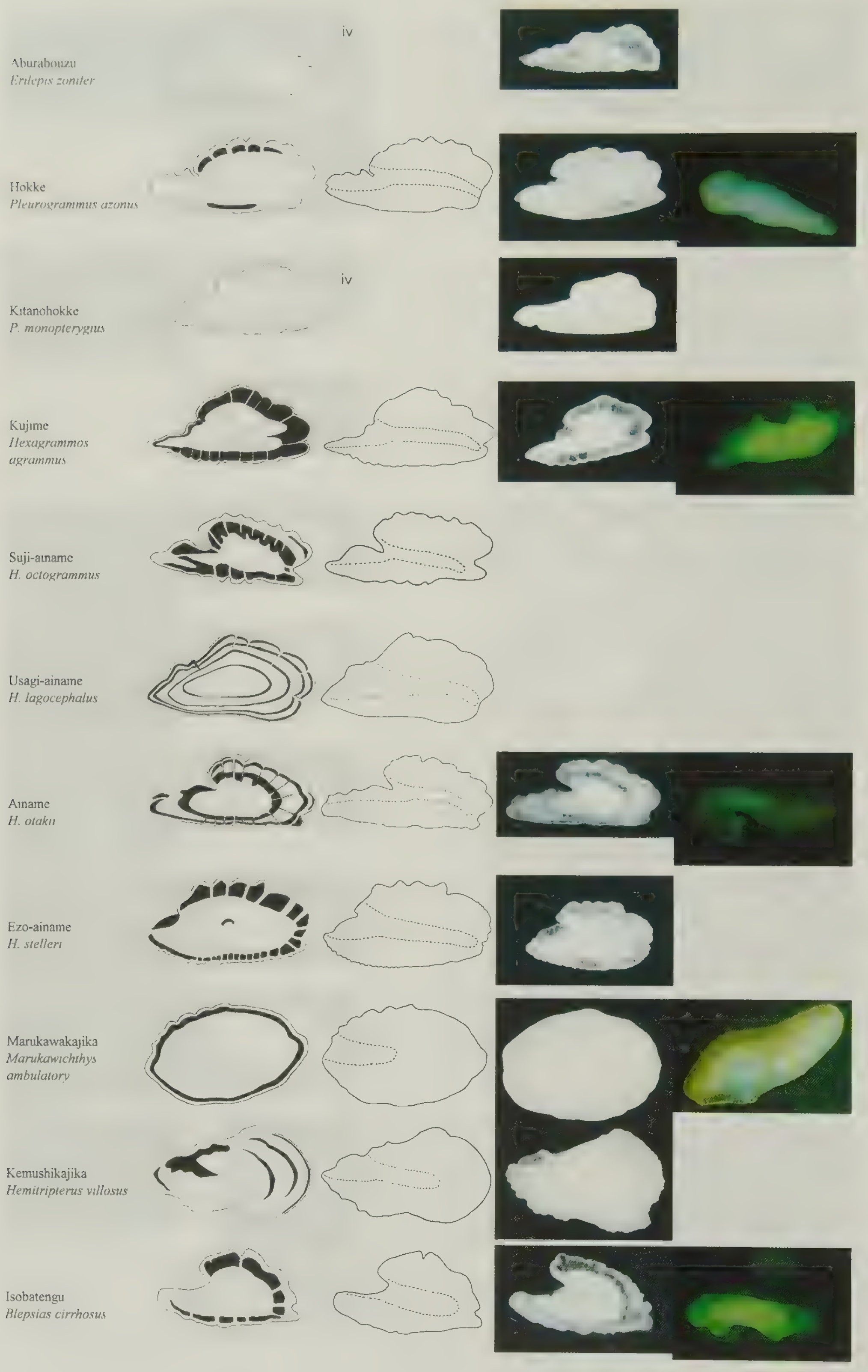
Megochi
Suggrundus meerdervoortii

Onigochi
Onigocia spinosa

Anesagochi
O. macrolepis

Sokoharigochi
Hoplichthys gilberti

Gindara
Anoplopoma fimbria


iv
Aburabouzu
Erilepis zonifer
Hokke
Pleurogrammus azonus
iv
Kitanohokke
P. monopterygius
Kujime
Hexagrammos agrammus
Suji-ainame
H. octogrammus
Usagi-ainame
H. lagocephalus
Ainame
H. otakii
Ezo-ainame
H. stelleri
Marukawakajika
Marukawichthys ambulatory
Kemushikajika
Hemitripterus villosus
Isobatengu
Blepsias cirrhosus

Aikajika
Gymnocanthus intermedius

Tsumagurokajika
G. herzensteini

Sebirokajika
G. detrisus

Chikamekajika
G. galeatus

Yokosujikajika
Hemilepidotus gilberti

Nameyokosujikajika
H. jordani

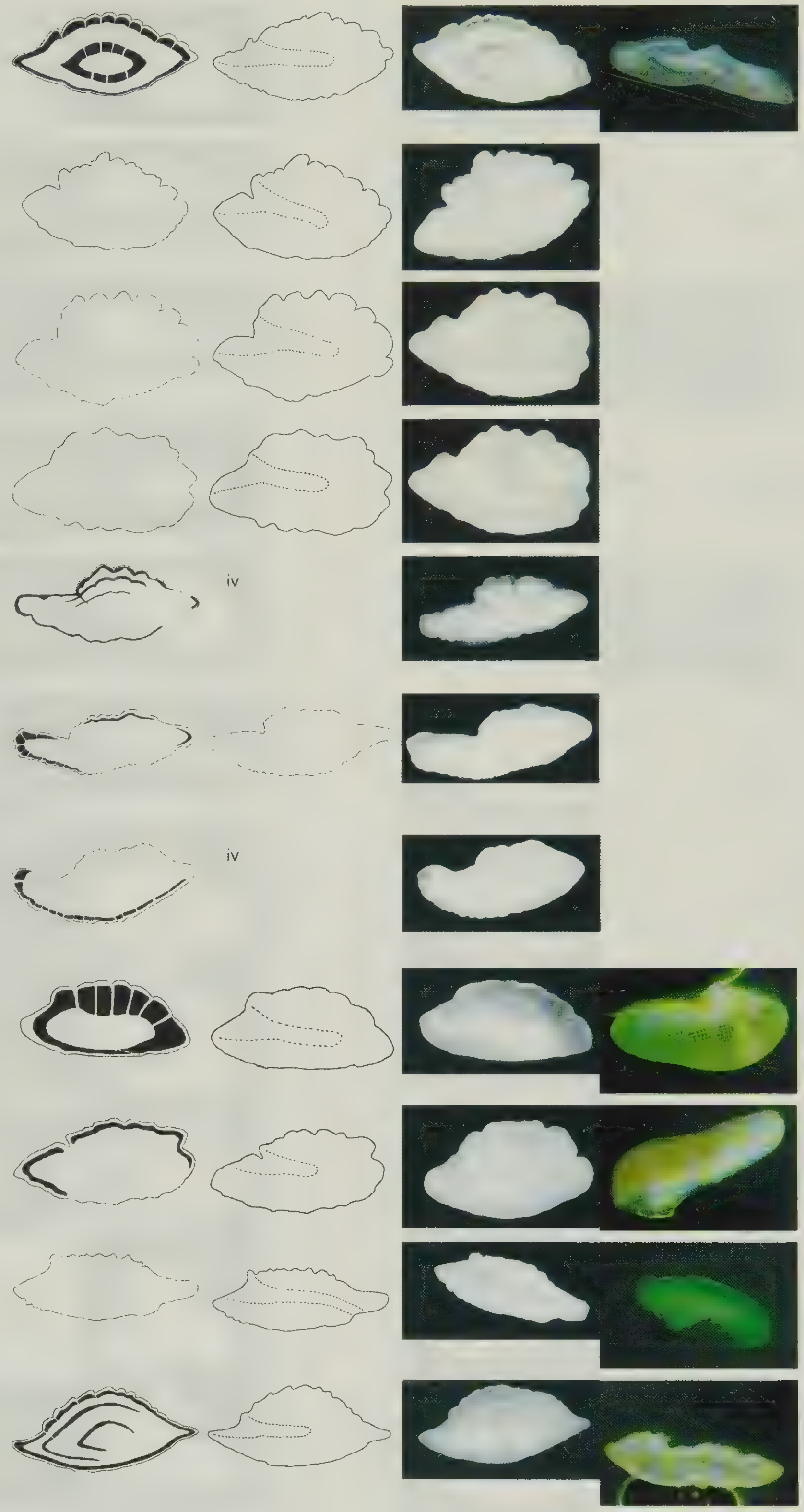
Kujakukajika
H. papilio

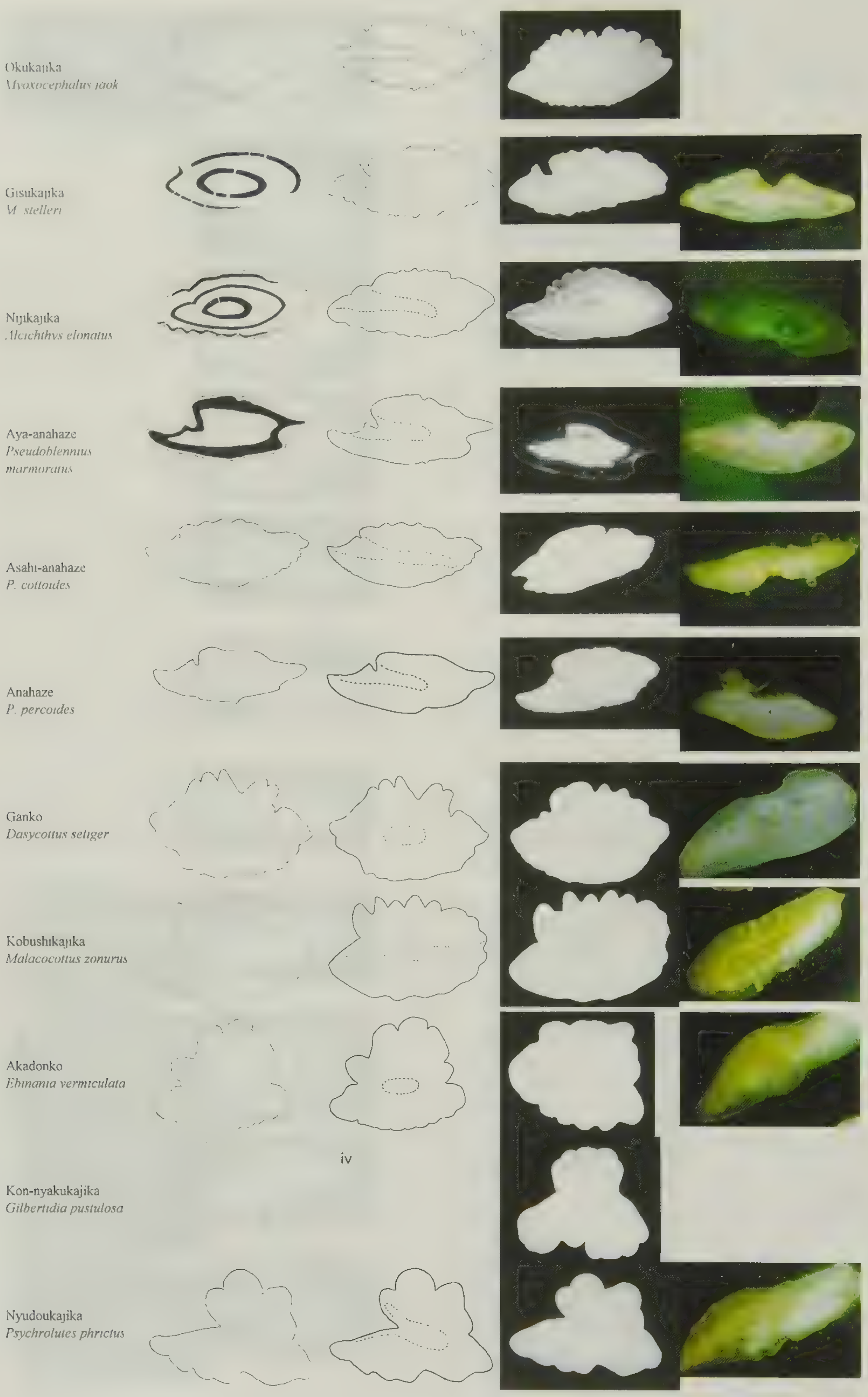
Matsukajika
Ricuzenius pinetorum

Kourikajika
Icelus cataphractus

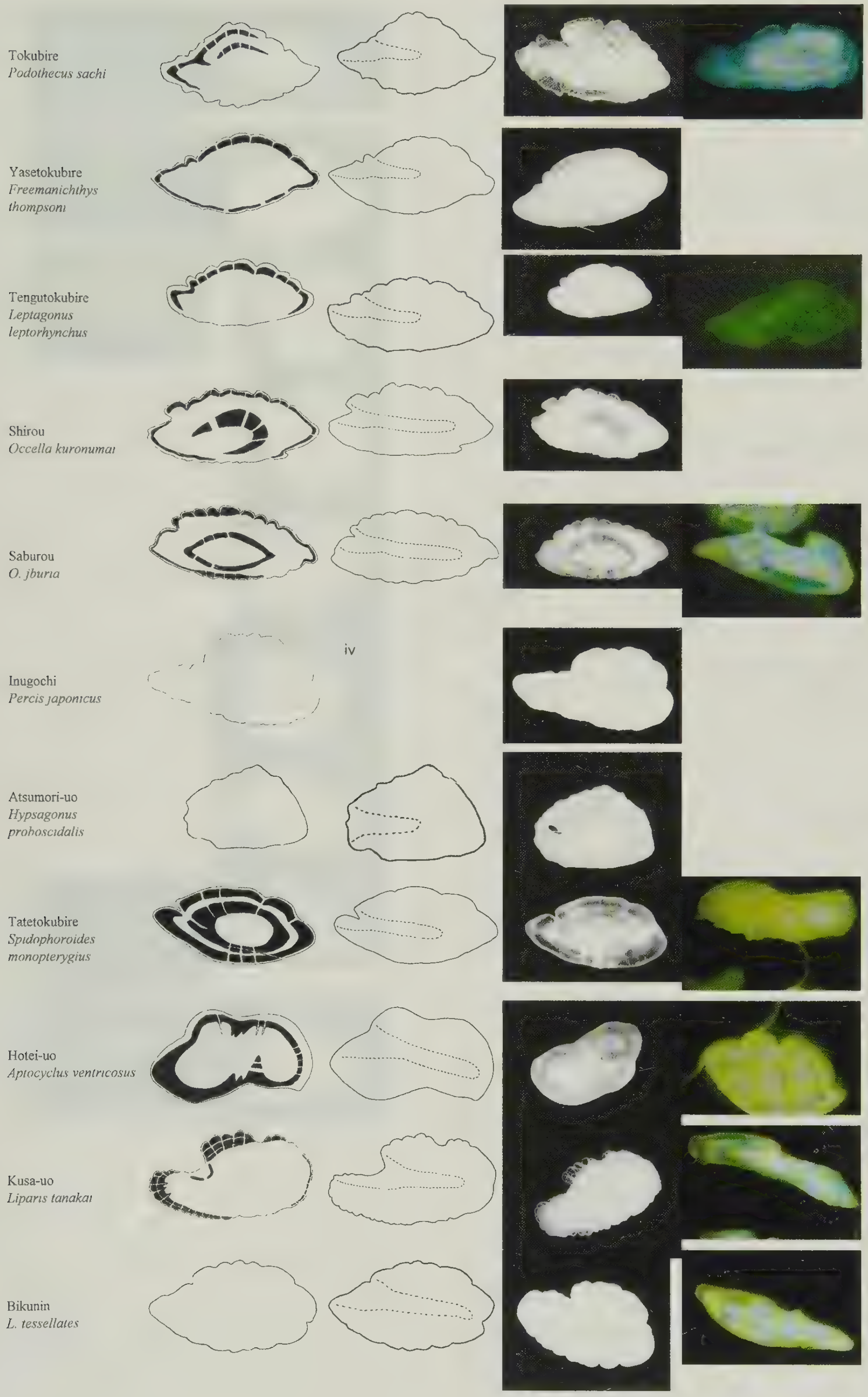
Kajika
Cottus pollux

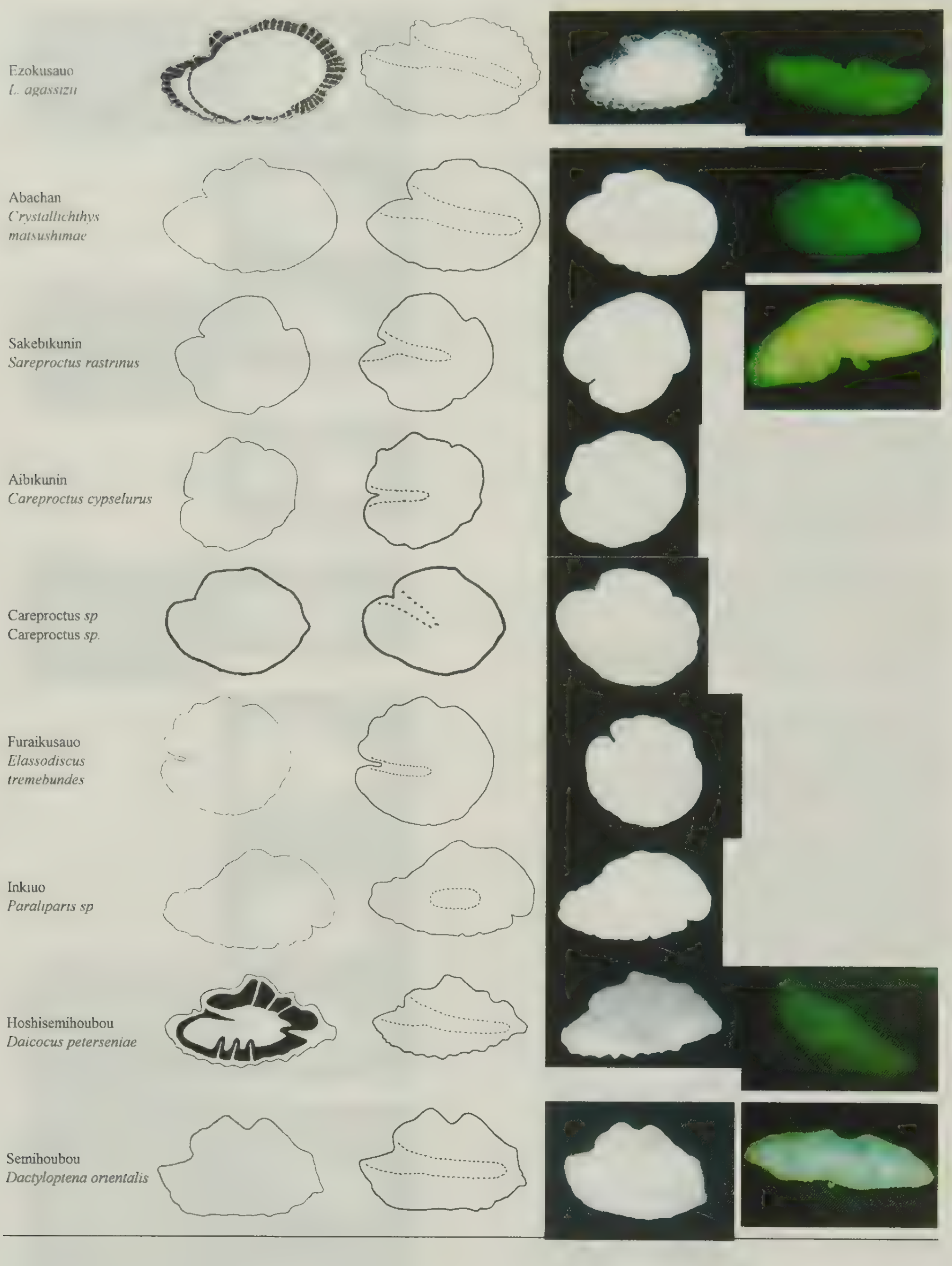
Kinkajika
Cottiusculus schmidti





Okukajika
Myoxocephalus jaok
Gisukajika
M. stelleri
Nijikajika
Alcichthys elonatus
Aya-anahaze
Pseudoblennius marmoratus
Asahi-anahaze
P. cottoides
Anahaze
P. percoides
Ganko
Dasycottus setiger
Kobushikajika
Malacocottus zonurus
Akadonko
Ebinania vermiculata
iv
Kon-nyakukajika
Gilbertidia pustulosa
Nyudoukajika
Psychrolutes phrictus


Tokubire
Podothecus sachi
Yasetokubire
Freemanichthys thompsoni
Tengutokubire
Leptagonus leptorhynchus
Shirou
Occella kuronumai
Saburou
O. jburia
iv
Inugochi
Percis japonicus
Atsumori-uo
Hypsagonus proboscidalis
Tatetokubire
Spidophoroides monopterygius
Hotei-uo
Aptocyclus ventricosus
Kusa-uo
Liparis tanakai
Bikunin
L. tessellates


Ezokusauo
L. agassizii
Abachan
Crystallichthys
matsushimae
Sakebikunin
Sareproctus rastrinus
Aibikunin
Careproctus cypselurus
Careproctus sp
Careproctus sp.
Furaikusauo
Elassodiscus
tremebundes
Inkiuo
Paraliparis sp
Hoshisemihoubou
Daicocus peterseniae
Semihoubou
Dactyloptena orientalis

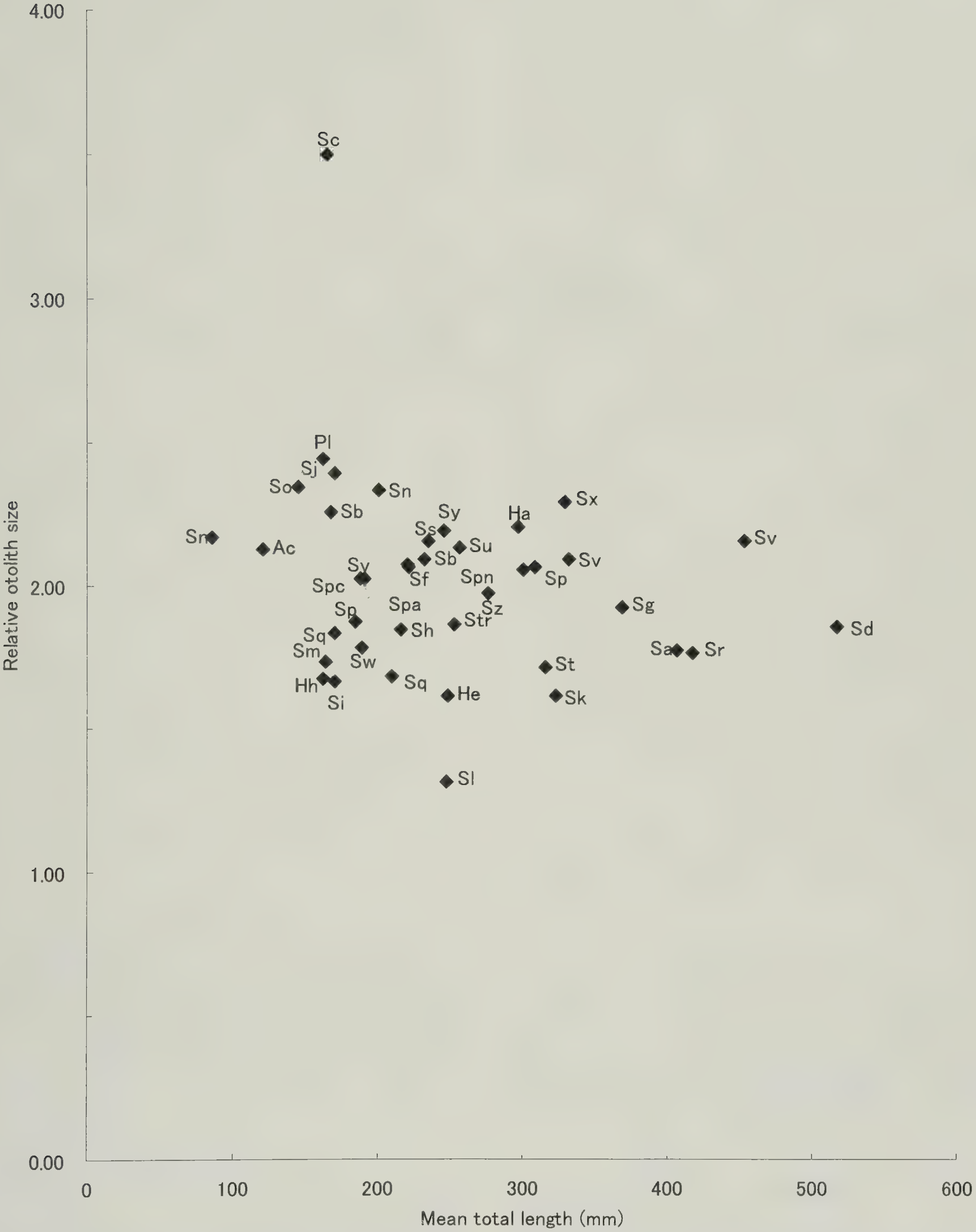


Fig. 2-20. Relation of otolith length:height ratio to total length of anguilliform fishes (Scorpaeniformes (1. Scorpaenoidei)). Abbreviations see table 2-7.

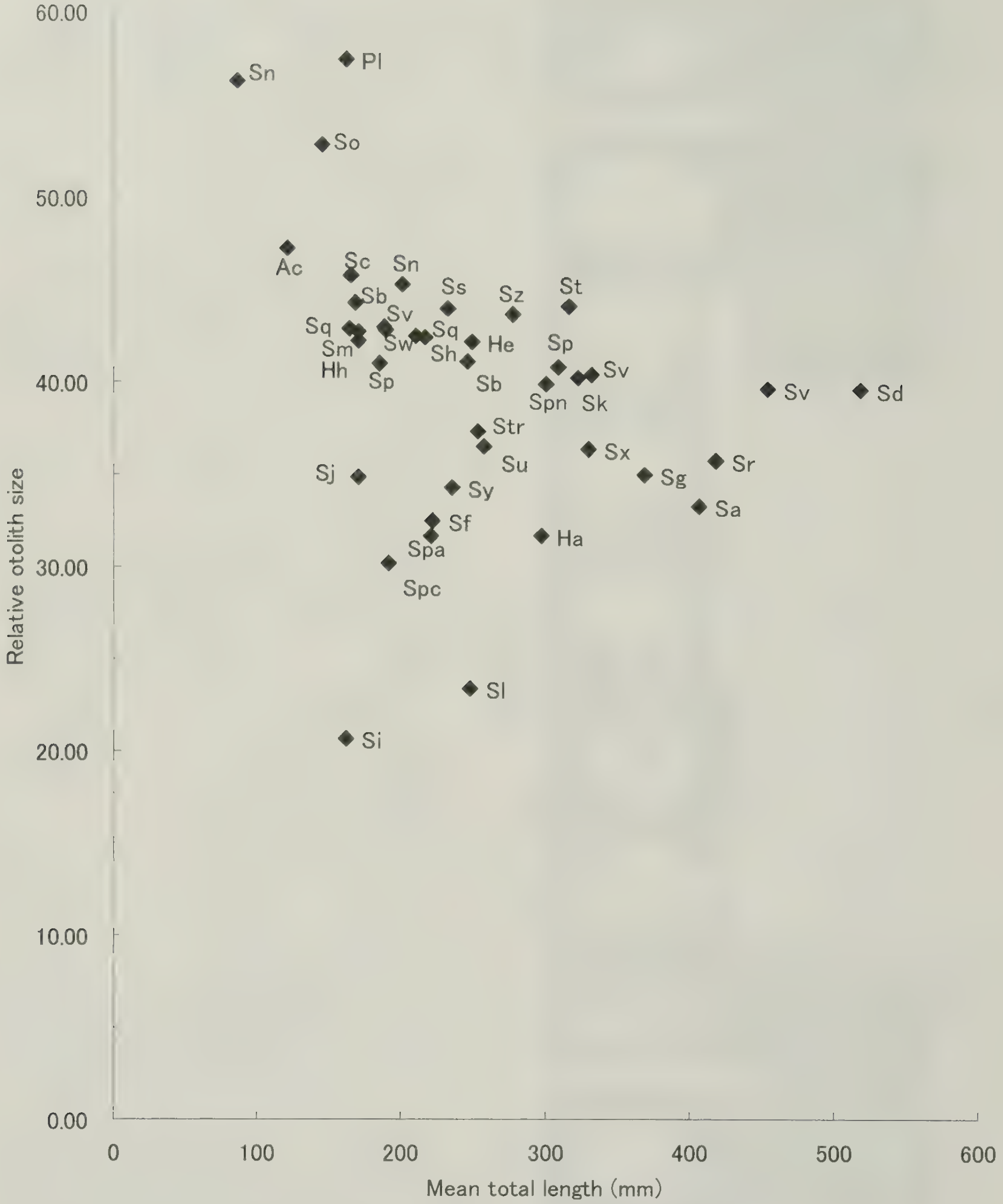


Fig. 2-21. Relation of otolith size index to total length of anguilliform fishes (Scorpaeniformes (1. Scorpaenoidei)). Abbreviations see table 2-7.

1988)，カジカ科（Cottidae）では，カリフォルニア近海の *Scorpaenichthys marmoratus* とニューファンドランド島近海のギスカジカ（O' connell, 1953, Ennis, 1970），クサウオ科（Liparidae）では，カリフォルニア北部海域の *Liparis pulchellus*（Johnson, 1970）に関する研究報告がある。アイナメとクジメでは表面観察，ホッケやギンダラでは，薄片法や Broken and burnt 法で年齢査定が行われている。

本研究では，カジカ亜目では，ギンダラ科2種，アイナメ科7種，トリカジカ科1種，ケムシカジカ科2種，カジカ科17種，ウラナイカジカ科5種，トクビレ科8種，ダンゴウオ科1種，クサウオ科9種から，セミホウボウ亜目では，セミホウボウ科2種から耳石標本を得た。

27-1．ギンダラ科 Anoplomatidae

ギンダラ *Anoplopoma fimbria*

外形は矢尻形に似た広線形（E型）で，前角は発達するが，前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は反り状型（a型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（Ⅱ$_1$型）。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

アブラボウズ *Erilepis zonifer*

外形は三角形に近い楕円形（B型）で，前角はやや発達するが，前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は反り状型（a型）である。溝の形状は不明である。輪紋は，表面の観察では不明瞭である。

27-2．アイナメ科 Hexagrammidae

ホッケ *Pleurogrammus azonus*

外形は長楕円形（C型）で，前角と前上角が発達し，欠刻は明確である。外形や欠刻には，個体による相違がみられる。側面形は反り状型（a型）である。溝は欠刻部から後方に延び，後端が僅かに下方に曲がり後縁に達する（Ⅰ$_1$型）。輪紋は，表面観察および薄片観察でやや明瞭である。

キタノホッケ *P. monopterygius*

外形は長楕円形（C型）で，前角は発達する。欠刻は明確であるが，前上角はあまり発達しない点が，近縁のホッケとの差異である。側面形はやや厚みのある反り状型（a型）である。溝の形状は不明である。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

クジメ *Hexagrammos agrammus*

外形は長楕円形（C型）で，前角と前上角が発達し，欠刻は明確である。側面形は弱い反り状型（a型）である。溝は欠刻部からやや斜め下方に延び，後縁の下部付近まで認められる（Ⅱ$_1$型）。輪紋は表面観察および薄片観察で明瞭であり，年齢査定が可能である。

スジアイナメ *H. octogrammus*

外形は長楕円形（C型）で，前角と前上角が発達し，欠刻は明確である。側面形は弱い反り状型（a型）である。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（Ⅱ$_1$型）。輪紋は表面観察で明瞭であり，年齢査定は可能である。

ウサギアイナメ *H. lagocephalus*

外形は長楕円形（C型）で，前角が発達し，前上角は発達せず，欠刻はやや明確であるが，個体による相違がみられる。側面形は反り状型（a型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，後端が僅かに下方に曲がり，後縁付近まで認められる（Ⅱ$_1$型）。輪紋は，表面観察ではやや不明瞭である。

アイナメ *H. otakii*

外形は長楕円形（C型）で，前角と前上角が発達し，欠刻は明確である。側面形は反り状型（a型）である。凹面には，弱い隆起が下部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，後端が僅かに下方に曲がり，後縁付近まで認められる（Ⅱ$_1$型）。輪紋は表面観察および薄片観察で非常に明瞭であり，年齢査定に用いられている。

エゾアイナメ *H. stelleri*

外形は長楕円形（C型）で，前角と前上角はあまり発達しないが，欠刻はやや明確である。側面形は反り状型（a型）である。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（Ⅱ$_1$型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

27-3．トリカジカ科 Ereunidae

マルカワカジカ *Marukawichthys ambulatory*

外形は卵型の楕円形（B型）で，前角と前上角はみられず，外見上の欠刻は認められない。側面形は反り状型（a型）である。溝は前縁の上部から中央付近まで認められる（Ⅲ型）。輪紋は，表面観察では不明瞭であるが，薄片観察では明瞭である。

27-4．ケムシカジカ科 Hemitripteridae

ケムシカジカ *Hemitripterus villosus*

外形は後部が幅広い楕円形（B型）で，前角と前上角はあまり発達せず，欠刻は不明確である。外形の輪郭には，個体による相違がみられる。側面形は弱い反り状型（a型）である。凹面には，弱い隆起が中央から前部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，中央の後部付近まで認められる（Ⅱ$_3$型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭であるが，薄片観察では不明瞭である。

イソバテング *Blepsias cirrhosus*

外形は楕円形（B 型）で，前角と前上角が発達し，欠刻は明確である。側面形は棒状型（b 型）である。凹面には，弱い隆起が中央部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（Ⅱ₁型）。輪紋は表面観察および薄片観察で非常に明瞭であり，年齢査定は可能である。

27-5．カジカ科 Cottidae

アイカジカ *Gymnocanthus intermedius*

外形は，他のツマグロカジカ属は楕円形（B 型）であるが，上縁に波状の凹凸がみられる長楕円形（C 型）である。前角は発達するが，前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は弱い反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が後部にみられる。溝は浅く，欠刻から後方に延び，中央の後部付近まで認められる（Ⅱ₃型）。輪紋は表面観察および薄片観察で非常に明瞭であり，年齢査定は可能である。

ツマグロカジカ *G. herzensteini*

外形は上縁から後縁に波状の凹凸が顕著な楕円形（B型）で，前角が発達し，前上角はあまり発達しないが，欠刻はやや明確である。側面形は反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が下部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，後端が僅かに下方に曲がり，中央の後部付近まで認められる（Ⅱ₃型）。輪紋は，表面観察では不明瞭であるが，薄片観察でやや明瞭である。

セビロカジカ *G. detrisus*

外形は上縁に波状の凹凸が顕著な楕円形（B 型）で，前角が発達し，前上角はあまり発達しないが，欠刻はやや明確である。側面形は反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，中央の後部付近まで認められる（Ⅱ₃型）。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

チカメカジカ *G. galeatus*

外形は上，下縁に波状の凹凸がみられる楕円形（B 型）で，前角が発達し，前上角はあまり発達しないが，欠刻はやや明確である。側面形は反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，中央の後部付近まで認められる（Ⅱ₃型）。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

ヨコスジカジカ *Hemilepidotus gilbert*

外形は長楕円形（C 型）で，前角が著しく発達し，前上角はやや発達して，欠刻は明確である。側面形は反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が中央部にみられる。溝の形状は不明である。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

ナメヨコスジカジカ *H. jordani*

外形は長楕円形（C 型）で，前角が発達し，前上角はやや発達して，欠刻はやや明確である。側面形は反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が中央部にみられる。溝の形状は不明である。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

クジャクカジカ *H. papilio*

外形は長楕円形（C 型）で，他のヨコスジカジカ属魚種と同様に，前角が著しく発達する。前上角はやや発達して，欠刻は明確である。側面形はやや強い反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が中央部にみられる。溝の形状は不明である。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

マツカジカ *Ricuzenius pinetorum*

外形は長楕円形（C 型）で，前角は発達するが，前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は弱い反り状型（a 型）である。溝は浅く，欠刻部から後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められる（Ⅱ₃型）。輪紋は表面観察および薄片観察で明瞭である。

コオリカジカ *Icelus cataphractus*

外形は上縁に波状の凹凸がみられる楕円形（B 型）で，前角は発達するが，前上角はあまり発達せず，欠刻はやや明確である。側面形は反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が下部にみられる。溝は欠刻部から中央付近まで認められる（Ⅲ型）。輪紋は，表面観察では不明瞭であるが，薄片観察では若干明瞭である。

カジカ *Cottus pollux*

外形は長楕円形（C 型）で，前角は発達するが，前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が中央部にみられる。溝は幅広く，欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（Ⅱ₁型）が，後縁に達するものもある（Ⅰ₁型）輪紋は，表面観察および薄片観察でやや明瞭である。

キンカジカ *Cottiusscului schmidti*

外形は楕円形（B 型）で，前角は発達するが，前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は弱い反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が後部にみられる。溝は欠刻部から中央付近まで認められる（Ⅲ型）。輪紋は表面観察および薄片観察でやや明瞭である。

オクカジカ *Myoxocephalus jaok*

外形は上縁に波状の凹凸がみられる長楕円形（C 型）で，前角は発達するが，前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が下部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，中央後部付近まで認められる（Ⅱ₃型）。輪

紋は，表面観察では不明瞭である。

ギスカジカ *M. stelleri*

外形は前，後縁が尖る長楕円形（C 型）で，前角が発達し，前上角はやや発達する。近縁のオクカジカと異なり，欠刻は明確である。側面形は弱い反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から中央付近まで認められる（Ⅲ型）。輪紋は，表面観察および薄片観察でやや明瞭である。

ニジカジカ *Alcichthys elonatus*

外形は長楕円形（C 型）で，前角が発達し，前上角はあまり発達しないが，欠刻はやや明確である。側面形は反り状型（a 型）である。溝は浅く，欠刻部から後方に延び，後端が僅かに下方に曲がり，中央の後部付近まで認められる（$Ⅱ_3$型）。輪紋は表面観察および薄片観察で明瞭である。

アヤアナハゼ *Pseudoblennius marmoratus*

外形は長楕円形（C 型）で，前角と前上角は発達し，欠刻は明確である。側面形は反り状型（a 型）である。溝は浅く，欠刻部から後方に延び，中央の後部付近まで認められる（$Ⅱ_3$型）。輪紋は表面観察および薄片観察で非常に明瞭である。

アサヒアナハゼ *P. cottoides*

外形は長楕円形（C 型）で，前角と前上角がやや発達し，欠刻はやや明確である。近縁のアヤアナハゼとは，異なる外形である。側面形は反り状型（a 型）である。溝は浅く，欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（$Ⅱ_1$型）。輪紋は，表面観察および薄片観察でやや明瞭である。

アナハゼ *P. percoides*

外形は長楕円形（C 型）で，前角が発達し，前上角はやや発達して，欠刻はやや明確である。側面形は反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が中央部にみられる。溝は浅く，欠刻部から後方に延び，中央の後部付近まで認められる（$Ⅱ_3$型）。輪紋は，表面観察および薄片観察では不明瞭である。

27-6．ウラナイカジカ科 Psychrolutidae

ガンコ *Dasycottus setiger*

外形は上縁に波状の凹凸がみられる楕円形（B 型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確であるが，個体による相違がみられる。側面形は厚みのある棒状型（b 型）である。凹面には，弱い隆起が下部にみられる。溝は非常に浅く不明確であるが，中央部に長楕円形状に認められる（Ⅳ型）。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

コブシカジカ *Malacocottus zonurus*

外形は上縁に波状の凹凸がみられる楕円形（B 型）で，前角と前上角がやや発達し，欠刻は明確である。側面形は弱い反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が下部にみられる。溝は浅く，欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁に達する（$Ⅰ_1$型）。輪紋は，表面観察では不明瞭であるが，薄片観察では明瞭である。

アカドンコ *Ebinania vermiculata*

外形は，上，下縁の凹凸が著しく大きい不定形（I 型）で，前角と前上角が発達せず，欠刻は不明確である。側面形は半広線形型（c 型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は浅く，中央部に長楕円形状に認められる（Ⅳ型）。輪紋は表面観察でも薄片観察でも不明瞭である。

コンニャクカジカ *Gilbertidia pustulosa*

外形は，縁辺の凹凸が著しい不定形（I 型）で，前角と前上角がやや発達し，欠刻は明確であり，後部にも欠刻に似た大きい凹みがある。側面形は弱い反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が中央部にみられる。溝の形状は不明である。輪紋は，表面の観察では不明瞭である。

ニュウドウカジカ *Psychrolutes phrictus*

外形は，上，下縁の凹凸が著しく大きい不定形（I 型）で，前角と前上角が発達し，欠刻は明確である。側面形は棒状型（b 型）である。凹面には，弱い隆起が下部にみられる。溝は非常に浅く，欠刻部から後方に延び，中央の後部付近まで認められる（$Ⅱ_3$型）。輪紋は表面観察でも薄片観察でも不明瞭である。

27-7．トクビレ科 Agonidae

トクビレ *Podothecus sachi*

外形は楕円形（B 型）で，前角はやや発達するが，前上角が発達せず，欠刻は不明確である。側面形は反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が中央から後部にみられる。溝は浅く，欠刻部から中央付近まで認められる（Ⅲ型）。輪紋は表面観察および薄片観察で明瞭である。

ヤセトクビレ *Freemanichthys thompsoni*

外形は楕円形（B 型）で，前角が発達するが，前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は弱い反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が中央から下部にみられる。溝は欠刻部から中央付近まで認められる（Ⅲ型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

テングトクビレ *Leptagonus leptorhynchus*

外形は長楕円形（C 型）で，前角と前上角はあまり発達せず，欠刻は不明確である。側面形は弱い反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は浅く，欠刻部から中央付近まで認めら

れる（Ⅲ型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭であるが，薄片観察では不明瞭である

シロウ *Occella kuronumai*

外形は楕円形（B 型）で，前角と前上角はあまり発達せず，欠刻は不明確である。側面形は弱い反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が後部にみられる。溝は浅く，欠刻部から後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められる（$Ⅱ_3$型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

サブロウ *O. Jburia*

外形は楕円形（B 型）で，前角と前上角はあまり発達せず，欠刻は不明確であるが，個体による相違がみられる。側面形は弱い反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は浅く，欠刻部から後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められる（$Ⅱ_3$型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭であり，薄片観察では非常に明瞭な輪紋構造が確認できる。

イヌゴチ *Percis japonicus*

外形は楕円形（B 型）で，前角が発達し，前上角はやや発達して，欠刻は明確である。側面形は厚みのある弱い反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が下部にみられる。溝の形状は不明である。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

アツモリウオ *Hypsagonus proboscidalis*

外形は楕円形（B 型）で，前角と前上角はあまり発達せず，欠刻は不明確である。側面形は弱い反り状型（a 型）である。溝は浅く，欠刻部から中央付近まで認められる（Ⅲ型）。輪紋は，表面観察では不明瞭である

タテトクビレ *Aspidophoroides monopterygius*

外形は楕円形（B 型）で，前角が発達するが，前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は弱い反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が下部にみられる。溝は浅く，欠刻部から後方に延び，中央の後部付近まで認められる（$Ⅱ_3$型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭であるが，薄片観察では不明瞭である。

27-8．ダンゴウオ科 Cyclopteridae

ホテイウオ *Aptocyclus ventricosus*

外形は楕円形（B 型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は弱い反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（$Ⅱ_1$型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭であるが，薄片観察では不明瞭である。

27-9．クサウオ科 Liparidae

クサウオ *Liparis tanakai*

外形は上，下縁に波状の凹凸がみられる楕円形（B 型）で，前角が発達し，前上角はあまり発達しないが，欠刻はやや明確である。側面形は棒状型（b 型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は浅く，欠刻部から後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められる（$Ⅱ_3$型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭であるが，薄片観察では非常に明瞭な輪紋構造が確認できる。

ビクニン *L. tessellates*

外形は楕円形（B 型）で，前角が発達し，前上角はあまり発達しない。同属のクサウオに比べ，欠刻がやや不明瞭である。側面形は棒状型（b 型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は浅く，欠刻部から後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められる（$Ⅱ_3$型）。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

エゾクサウオ *L. agassizii*

外形は全縁に小さい波状凹凸がみられる楕円形（B 型）で，前角が発達し，前上角はあまり発達しないが，欠刻はやや明確である。側面形は棒状型（b 型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，後端が僅かに下方に曲がり，後縁付近まで認められる（$Ⅱ_1$型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭であるが，薄片観察では不明瞭である。

アバチャン *Crystallichthys matsushimae*

外形は円形に近い楕円形（B 型）で，前角は発達しないが，前上角がやや発達し，欠刻はやや明確である。側面形は半広線形（c 型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は浅いが，欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（$Ⅱ_1$型）。輪紋は表面観察でも薄片観察でも不明瞭である。

サケビクニン *Sareproctus rastrinus*

外形は円形（A 型）で，前角と前上角は発達しないが，欠刻はやや明確である。側面形は半広線形（c 型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められる（$Ⅱ_3$型）。輪紋は表面観察でも薄片観察でも不明瞭である。

アイビクニン *Careproctus cypselurus*

外形は円形（A 型）で，前角と前上角は発達しないが，欠刻はやや明確である。側面形は半広線形（c 型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は浅く，欠刻部から中央付近まで認められる（Ⅲ型）。輪紋は表面観察でも薄片観察でも不明瞭である。

コンニャクウオ属 sp. *Careproctus* sp.

外形は円形に近い楕円形（B 型）で，前角と前上角がやや発達し，欠刻は明確である。側面形は半広線形型（c 型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面に

みられる。溝は欠刻部から中央付近まで認められる(Ⅲ型)。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

フウライクサウオ *Elassodiscus tremebundes*

外形は円形（A型）で，前角と前上角はあまり発達しないが，欠刻はやや明確である。側面形は半広線形型（c型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は欠刻部から中央付近まで認められる(Ⅲ型)。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

インキウオ属の一種 *Paraliparis* sp.

外形は楕円形（B型）で，前角が発達するが，前上角はあまり発達せず，欠刻は不明確である。側面形は半広線形型（c型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は中央部付近に楕円状に認められる（Ⅳ型)。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

27-10. セミホウボウ科 Dactylopteridae

ホシセミホウボウ *Daicocus peterseni*

外形は楕円形（B型）で，前角はやや発達するが，前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形はやや強い反り状型（a型）である。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（$Ⅱ_1$型)。輪紋は，表面観察ではやや不明瞭であるが，薄片観察では不明瞭である。

セミホウボウ *Dactyloptena orientalis*

外形は楕円形（B型）で，前角と前上角はやや発達し，欠刻はやや明確である。側面形はやや強い反り状型(a型)である。溝は浅いが，欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（$Ⅱ_1$型)。輪紋は，表面観察でも薄片観察でも不明瞭である。

カジカ亜目，セミホウボウ亜目魚類の耳石長比および相対耳石サイズを種間で比較する。耳石長比は1.00～3.18の範囲で，ギンダラ科のギンダラが最も大きく，クサウオ科のフウライクサウオが最も小さい。体長の大きさによる相違は，アイナメ科のホッケでは若干認められるが，ケムシカジカ科のケムシカジカやカジカ科のアサヒアナハゼではみられない。カジカ類(4科)では，カジカ科のカジカが2.62で最も大きく，ウラナイカジカ科のコンニャクカジカが1.04で最も小さい。全体的にみて，カジカ科が大きく，ウラナイカジカ科，トリカジカ科，ケムシカジカ科の順に小さい。カジカ科では，カジカ属が最も大きく，ヨコスジカジカ属とアナハゼ属がやや大きく，ツマグロカジカ属とコオリカジカ属がやや小さい。カジカ類以外の科では，クサウオ科は他の科に比べ小さいが，1.4以下のフウライクサウオ属，コンニャクウオ属，スイショウウオ属（アバチャン）と1.7以上のインキウオ属，クサウオ属の2グループに分けられる。また，アイナメ科はやや大きく，2.04～2.23の類似した値である。全体的にみて，ギンダラ属，フウライクサウオ属，コンニャクウオ属とツノシャチウオ属(アツモリウオ)を除き，1.6～2.2の比較的狭い範囲に収まっている。

相対耳石サイズは4.61～62.25の範囲で，カジカ科のキンカジカが最も大きく，ダンゴウオ科のホテイウオが最も小さい。種内の体長による耳石相対サイズの相違は，アイナメ科のホッケとカジカ科のアサヒアナハゼでは認められないが，ケムシカジカ科のケムシカジカでは若干みられる。カジカ類（4科）では，カジカ科のキンカジカが62で最も大きく，ケムシカジカ科のイソバテングが11で最も小さい。カジカ科では，キンカジカ属とマツカジカ属が大きく，アナハゼ属がやや小さいが，殆どが20～40の範囲にある。ケムシカジカ科（2属）は20以下で小さく，トリカジカ科（マルカワカジカ）とウラナイカジカ科（5属）は20～40の範囲内にある。明確ではないが，全体として体長が大きくなるに従って，耳石相対サイズが小さくなる傾向がみられる。カジカ類以外の科では，トクビレ科のテングトクビレ25で最も大きく，ダンゴウオ科のホテイウオが5で最も小さい。トクビレ科がやや大きく，クサウオ科がやや小さいが，全体的には，殆どが10～20の狭い範囲内にあり，属，種による相違はみられない。

カサゴ目の科間で比較すると，耳石長比はフサカサゴ科，コチ科，アイナメ科とカジカ科（平均 2.02～2.7）が大きく，ホウボウ科，ウラナイカジカ科とクサウオ科(平均 1.34～1.45)小さい(Table 11)。また，コチ科では体長が大きくなるに従って，耳石長比が大きくなる傾向がみられる。相対耳石サイズはフサカサゴ科が21～58（平均39)，コチ科が25～53（平均40）で大きく，ホウボウ科が15～30（平均23)，カジカ科が15～62（平均31)，ウラナイカジカ科は16～38（平均28）で中間，アイナメ科が10～16（平均14)，トクビレ科11～29（平均18)，クサウオ科10～18（平均13）で小さい。コチ科では，体長が大きくなるに従って，相対耳石サイズが小さくなる傾向がみられる。また，フサカサゴ科では，フサカサゴ属の相対耳石サイズは51～58で大きく，他の属から判別が可能である。

全体的に耳石長比を亜目間で比較すると，カサゴ亜目は平均値1.83，カジカ科亜目は平均値1.81で変わらず，種間の広がりでもカサゴ亜目は若干範囲が広いが，殆ど相違は認められない。相対耳石サイズでは，カサゴ亜目は平均値32，カジカ亜目は平均値19で相違があり，また，種毎の値もカサゴ亜目は20～40の範囲，カジカ亜目は10～30の範囲に集中しており，両者に

相違が認められる。形は似ているが，カサゴ亜目の方が大型であるといえる。

カジカ亜目，セミホウボウ亜目の耳石形態の特徴をまとめると，外形は，ギンダラが広線形（E 型），ウラナイカジカ科（３種）が不定形(I 型)，クサウオ科（３種）が円形（A 型）であるが，その他は楕円形（B 型）か長楕円形（C 型）である。全体的には，前角はやや発達するが，前上角はあまり発達しない。欠刻は明確，アイナメ科の殆どが明確である。側面形は，強弱を含めた反り状型が主体である。棒状型はケムシカジカ科（イソバテング），ウラナイカジカ科（２種）とクサウオ科（３種），半広線形型(c 型)はウラナイカジカ科（アカドンコ）とクサウオ科（６種）である。凹面の隆起は約６割の魚種にみられ，ほぼ全面あるいは耳石の一部に僅かに認められる。溝はⅡ型が主体で，Ⅲ型，Ⅰ型とⅣ型が現れる。Ⅱ型では，$Ⅱ_1$型と$Ⅱ_3$型が同程度に現れ，アイナメ科が$Ⅱ_1$型で，カジカ科に$Ⅱ_3$型が多い。Ⅲ型はトリカジカ科（マルカワカジカ），カジカ科（３種），トクビレ科（４種）とクサウオ科（３種），A 型は A_1型でホッケとコブシカジカ，D 型はガンコ，アカドンコとインキウオ属 sp. である。耳石長比は1.00～3.18の範囲で，ギンダラが最も大きく，フウライクサウオが最も小さい。カジカ類では，カジカ科が最も大きく，ウラナイカジカ科，トリカジカ科，ケムシカジカ科の順に小さい。その他の科では，クサウオ科（５種）とアツモリウオ（トクビレ科）が1.5以下で小さい。相対耳石サイズは５～62の範囲で，キンカジカが最も大きく，ホテイウオが最も小さく，魚種間には著しく相違がある。カジカ類では，カジカ科のキンカジカ，マツカジカとアイカジカが42～62，その他のカジカ科，トリカジカ科とウラナイカジカ科はほぼ20～40の範囲にあるが，ケムシカジカ科は20以下で小さい。その他の科では，トクビレ科がやや大きく，クサウオ科がやや小さいが，全体的には10～20の狭い範囲にある。

28. スズキ目（Perciformes）・スズキ亜目（Percoidei）（Tables 2-12, 2-13, Figs. 2-24, 2-25, 2-26, 2-27, 2-28）

日本産スズキ目魚類は17亜目125科1,920種で，全魚種（3,887種）のほぼ半数を占めている。スズキ亜目（68科）は他の16亜目（57科）に比べ，１亜目として著しく種数が多く，スズキ目全種（1920種）の約40％以上を占めている。

スズキ亜目は68科847種で，ケツギョ科，サンフィシュ科，テッポウウオ科とカワスズメ科の内水面魚類を除き，日本周辺の汽水域から深海域に生息する。魚種数が比較的多い科はハタ科，テンジクダイ科，アジ科，フエダイ科，チョウチョウダイ科とスズメダイ科で，これらの魚類の殆どが比較的浅海に生息し，岩礁域やサンゴ礁域あるいはその周辺域を主な生活の場にしている。また，アジ科では，マアジ属，ムロアジ属とブリ属は回遊性の沿岸魚類で，比較的多獲性の浮魚重要種である。

スズキ亜目魚類の耳石の形態，年齢に関する研究はニベ科，タイ科，アジ科等を主対象に，多くの科で数多く行われている。形態研究については耳石外形，凸面の溝等の形状に関する特徴研究と系群判別等その他の研究に分けて述べる。耳石形状の特徴に関する研究では，化石耳石の種の判別を目的に，スズキ亜目の多くの現存種と化石種を対象にして，耳石外形，側面形および溝域の形状の特徴と他の目，科の耳石形状との比較から，スズキ亜目耳石の特徴解析に関する総括的研究が行われている（Nolf, 1993）。他の複数科を対象とした研究では，瀬戸内海のスズキ，イサキ，キスとマアジの外形，溝の形状等の特徴（松島，1958），日本産のテンジクダイ科７種，アマダイ科２種，アジ科10種，ヤエギス科１種，サンフィシュ科１種，アカタチ科４種，チョウチョウウオ科５種，タカノハダイ科３種，ウミタナゴ科１種，ハチビキ科２種，スダレダイ科１種，クロサギ科２種，メジナ科２種，イスズミ科１種，タカベ科１種，ヒイラギ科２種，フエフキダイ科３種，フエダイ科３種，ヒメジ科５種，イトヨリダイ科２種，ハタンポ科２種，カワビシャ科３種，スズキ科１種，ホタルジャコ科８種，スズメダイ科４種，イサキ科４種，キントキダイ科３種，スギ科１種，ニベ科４種，ムツ科２種，ハタ科13種，キス科５種，タイ科５種，シマイサキ科２種の合計35科116種について，外形，側面形，溝の形状等の特徴（Ohe, 1985），南極周辺水域のタカノハダイ科２種と Latrididae 科１種の耳石外形と溝域の形状（Hecht, 1987），地中海北西海域のタイ科10種，イサキ科１種とニベ科３種の耳石外形，耳石サイズと体色と音の発生との関係（Cruz and Lombarte, 2004）に関する報告がある。また，北西大西洋のホタルジャコ科４種，シマガツオ科２種，アジ科６種，シイラ科１種，コバンザメ科１種，ヤセムツ科１種，キツネアマダイ科１種，スズキ科１種，ヒメジ科１種，ニベ科１種，ハタ科２種，タイ科１種について，凹凸両面の耳石の写真画像が提示されている（Campana, 2004）。さらに，南アフリカ周辺海域のアカメ科３種，スズキ科６種，ハタ科42種，ムノサラシ科４種，メギス科２種，タナバタウオ科１種，シマイサキ科２種，ユゴイ科１

Table 2-10. Sample list used for otolith measurement (Scorpaeniformes (2. cottoidei))

Family Japanese name	Scientific name	Abbreviation	Size category	Sample size	Mean total length	Range	Otolith length (mm)	Otolith width (mm)	Otolith area index	Length: height ratio	Relative otolith size	Code of external-side-sulcus forms		
Anoplopomatidae														
Gindara	*Anoplopoma fimbria*	Af		2	736	706-765	8.80	2.78	3.32	3.18	12.01	E	a	II_1
Aburabouzu	*Erilepis zonifer*	Ez		1	836	836	7.40	3.90	3.45	1.90	8.85	B	a	nd
Hexagrammidae														
Hokke	*Pleurogrammus azonus*	Pa	Small	15	250		3.46	1.73	2.39	2.00	13.96	C	a	I_1
			Large	10	402		5.35	2.26	3.01	2.36	13.62			
Kitanohokke	*P. monopterygius*	Pm		6	392	362-408	4.88	2.19	2.73	2.23	12.43	C	a	II_1
Kujime	*Hexagrammos agrammus*	Ha		16	162	126-213	2.71	1.27	2.12	2.15	16.76	C	a	II_1
Suji-ainame	*H. octogrammus*	Ho		3	206	189-215	3.08	1.43	2.14	2.16	15.00	C	a	II_1
Usagi-ainame	*H. lagocephalus*	Hl		7	366	312-442	3.73	1.85	1.89	2.04	10.24	C	a	II_1
Ainame	*H. otakii*	He		20	303	266-338	3.79	1.84	2.30	2.05	12.45	C	a	II_1
Ezo-ainame	*H. stelleri*	Hs		3	213	209-218	3.40	1.60	2.55	2.10	15.96	C	a	II_1
Ereunidae														
Marukawakajika	*Marukawichthys ambulatoı*	Ma		3	136	121-155	4.20	3.06	9.45	1.37	30.87	B	a	III
Hemitripteridae														
Kemushikajika	*Hemitripterus villosus*	Hv	Small	7	166		3.27	2.04	4.02	1.61	20.23	B	a	II_3
		Hv	Medium	12	286		4.31	2.51	3.78	1.72	15.12			
		Hv	Large	4	379		5.09	2.83	3.80	1.75	13.49			
Isobatengu	*Blepsias cirrhosus*	Bc		3	191		2.16	1.16	1.31	1.87	11.28	B	b	II_1
Cottidae														
Aikajika	*Gymnocanthus intermedius*	Gi		14	158	124-205	6.62	3.18	13.32	2.07	41.76	C	a	II_3
Tsumagurokajika	*G herzensteini*	Gh		3	312	242-354	9.57	5.21	15.98	1.83	30.51	B	a	II_3
Sebirokajika	*G. detrisus*	Gd		11	280	246-322	7.43	4.36	11.57	1.71	26.63	B	a	II_3
Chikamekajika	*G. galeatus*	Gg		2	292	210-274	7.43	3.80	9.67	1.98	31.01	B	a	II_3
Yokosujikajika	*Hemilepidotus gilbert*	Hg		4	270	208-330	6.56	2.77	6.73	2.36	24.31	C	a	nd
Nameyokosujikajik	*H. jordani*	Hj		6	320	288-401	7.39	3.04	7.02	2.42	23.21	C	a	nd
Kujakukajika	*H. papilio*	Hp		2	309	299-318	6.98	3.33	7.52	2.12	22.64	C	a	nd
Matsukajika	*Ricuzenius pinetorum*	Rp		3	62	57-66	2.93	1.30	6.14	2.26	47.47	C	a	II_3
Kourikajika	*Icelus cataphractus*	Lc		7	179	114-234	6.12	3.31	11.32	1.84	34.86	B	a	III
Kajika	*Cottus pollux*	Cp		10	90	63-104	2.56	0.98	2.79	2.62	28.47	C	a	$\mathrm{I}_1, \mathrm{II}_1$
Kinkajika	*Cottiusscusus schmidti*	Cs		16	78	60-116	4.85	2.52	15.67	1.91	62.25	B	a	III
Okukajika	*Myoxocephalus jaok*	Mj		2	366	348-383	10.90	4.95	14.74	2.21	30.05	C	a	II_3
Gisukajika	*M. stelleri*	Ms		5	357	317-417	8.20	3.76	8.64	2.19	23.06	C	a	III
Nijikajika	*Alcichthys elonatus*	Ae		20	193	160-242	6.32	2.68	8.78	2.35	32.89	C	a	II_3
Aya-anahaze	*Pseudoblennius marmoratı*	Ps		2	214	208-220	3.15	1.45	2.13	2.17	14.64	C	a	II_3
Asahi-anahaze	*P. cottoides*	Pc	Small	7	98		2.50	1.17	2.98	2.14	25.55	C	a	II_1
		Pc	Large	5	138		2.84	1.30	2.68	2.18	20.89			
Anahaze	*P. percoides*	Pp		6	106	80-170	2.67	1.24	3.12	2.16	23.22	C	a	II_3
Psychrolutidae														
Ganko	*Dasycottus setiger*	Ds		4	273	117-350	8.75	5.50	17.63	1.59	32.05	B	b	IV
Kobushikajika	*Malacocottus zonurus*	Mz		2	199	154-244	7.35	5.00	18.47	1.47	38.38	B	a	A_1
Akadonko	*Ebinania vermiculata*	Ev		2	362	324-402	7.34	6.24	12.65	1.19	20.31	I	c	IV
Kon-nyakukajika	*Gilbertidia pustulosa*	Gp		1	603	603	9.90	9.50	15.60	1.04	16.41	I	a	iv
Nyudoukajika	*Psychrolutes phrictus*	Py		2	308	305-310	8.75	6.10	17.33	1.43	28.44	I	b	II_3
Agonidae														
Tokubire	*Podothecus sachi*	Po		5	295	187-320	4.13	2.20	3.08	1.87	14.22	B	a	III
Yasetokubire	*Freemanichthys thompsoni*	Ft		2	189	176-201	4.45	2.40	5.65	1.88	23.58	B	a	III
Tengutokubire	*Leptagonus leptorhynchus*	Ll		1	149	149	3.75	1.85	4.66	2 03	25.16	C	a	III
Shirou	*Occella kuronumai*	Ok		4	239	212-282	2.46	1.29	1.33	1.91	10.35	B	a	II_3
Saburou	*O. jburia*	Oj		12	208	132-247	3.68	1.84	3.26	2.00	17.96	C	a	II_3
Inugochi	*Percis japonicus*	Pj		1	343	343	7.30	3.80	8.09	1.92	21.28	B	a	nd
Atsumori-uo	*Hypsagonus proboscidalis*	Hb		1	97	97	1.35	1.00	1.39	1.35	13.91	B	a	III
Tatetokubire	*Spidophoroides monoptery,*	Sm		4	158	126-191	3.01	1.62	3.09	1.85	18.90	B	a	II_3
Cyclopteridae														
Hotei-uo	*Aptocyclus ventricosus*	Av		2	362	350-374	1.68	0.95	0.44	1.76	4.61	B	a	II_1
Liparidae														
Kusa-uo	*Liparis tanakai*	Lt		11	292	226-374	2.84	1.56	1.52	1.84	10.06	B	b	II_3
Bikunin	*L. tessellates*	Li		11	144	208-238	2.51	1.45	2.53	1.74	18.13	B	b	II_3
Ezokusauo	*L. agassizii*	La		12	259	207-322	2.43	1.39	1.30	1.75	9.59	B	b	II_1
Abachan	*Crystallichthys matsushimc*	Cm		2	237	212-262	2.70	1.98	2.26	1.38	11.50	B	c	II_1
Sakebikunin	*Sareproctus rastrinus*	Sr		1	298	241-354	3.64	3.25	3.97	1.12	12.53	A	c	II_3
Aibikunin	*Careproctus cypselurus*	Cc		1	198	198	3.15	2.75	4.38	1.15	15.90	A	c	III
Kon-nyakuuo sp.	*C.* sp	Csp		1	224	224	2.56	1.88	2.15	1.36	11.42	B	c	III
Furaikusauo	*Elassodiscus tremebundes*	Et		2	198	178-208	2.48	2.47	3.09	1.00	12.97	A	c	III
Inkiuo sp.	*Paraliparis* sp.	Psp		1	197	197	2.88	1.69	2.47	1.70	14.61	B	c	IV
Dactylopteridae														
Hoshisemihoubou	*Daicocus peterseni*	Dp		3	191	166-240	3.90	2.17	4.43	1.80	20.49	B	a	II_1
Semihoubou	*Dactyloptena orientalis*	Do		1	176	176	3.50	2.15	4.28	1.63	19.88	B	a	II_1

Table 2-11. Comparison of otolith charactertistics among families of Scorpaeniformes, Scorpaeniformes, Scorpaenoidei fishies

Family	Japanese famnily name	Number of genus	Number of species	Sample size	Mean total length (mm)	Otolith length (mm)	Otolith width (mm)	Otolith area index	Length: height ratio	Relative otolith size
Scorpaenidae	Fusakasago	10	34	312	247	9.6	4.9	54.3	2.0	40.0
Synanceiidae	Oniokoze	2	2	13	127	3.8	2.1	8.0	1.8	31.0
Tetrarogidae	Ha-okoze	1	1	6	76	3.5	1.8	6.5	2.0	46.4
Aploactinidae	Ibo-okoze	1	1	4	112	2.7	1.7	4.7	1.6	25.7
Triglidae	Houbou	2	5	34	169	3.6	2.5	9.7	1.4	23.3
Parabembridae	Ubagochi	1	1	2	175	6.8	3.2	22.0	2.1	38.9
Platycephalidae	Kochi	5	7	40	187	6.6	2.3	16.2	2.8	38.4
Hoplichthyidae	Harigochi	1	1	4	130	4.1	3.1	12.6	1.3	31.3
Anoplopomatidae	Gindara	2	2	3	786	8.1	3.3	26.8	2.5	10.4
Hexagrammidae	Ainame	3	7	80	287	3.8	1.8	7.0	2.1	13.8
Ereunidae	Torikajika	1	1	3	136	4.2	3.1	12.9	1.4	30.9
Hemitripteridae	Kemushikaji	2	2	26	256	3.7	2.1	8.6	1.7	15.0
Cottidae	Kajika	9	16	125	212	5.8	2.8	19.7	2.1	30.2
Psychrolutidae	Uranaikajika	5	5	11	349	8.4	6.5	56.0	1.3	27.1
Agonidae	Tokubire	7	8	30	210	3.8	2.0	8.9	1.9	18.2
Cyclopteridae	Dango-uo	1	1	2	362	1.7	1.0	1.6	1.8	4.6
Liparidae	Kusa-uo	6	9	42	227	2.8	2.0	5.9	1.4	13.0
Dactylopteridae	Semihoubou	2	2	4	184	3.7	2.2	8.1	1.7	20.2

Fig. 2-22. Relation of otolith length:height ratio to total length (Scorpaeniformes (2. Cottoidei)). Abbreviations see table 2-10.

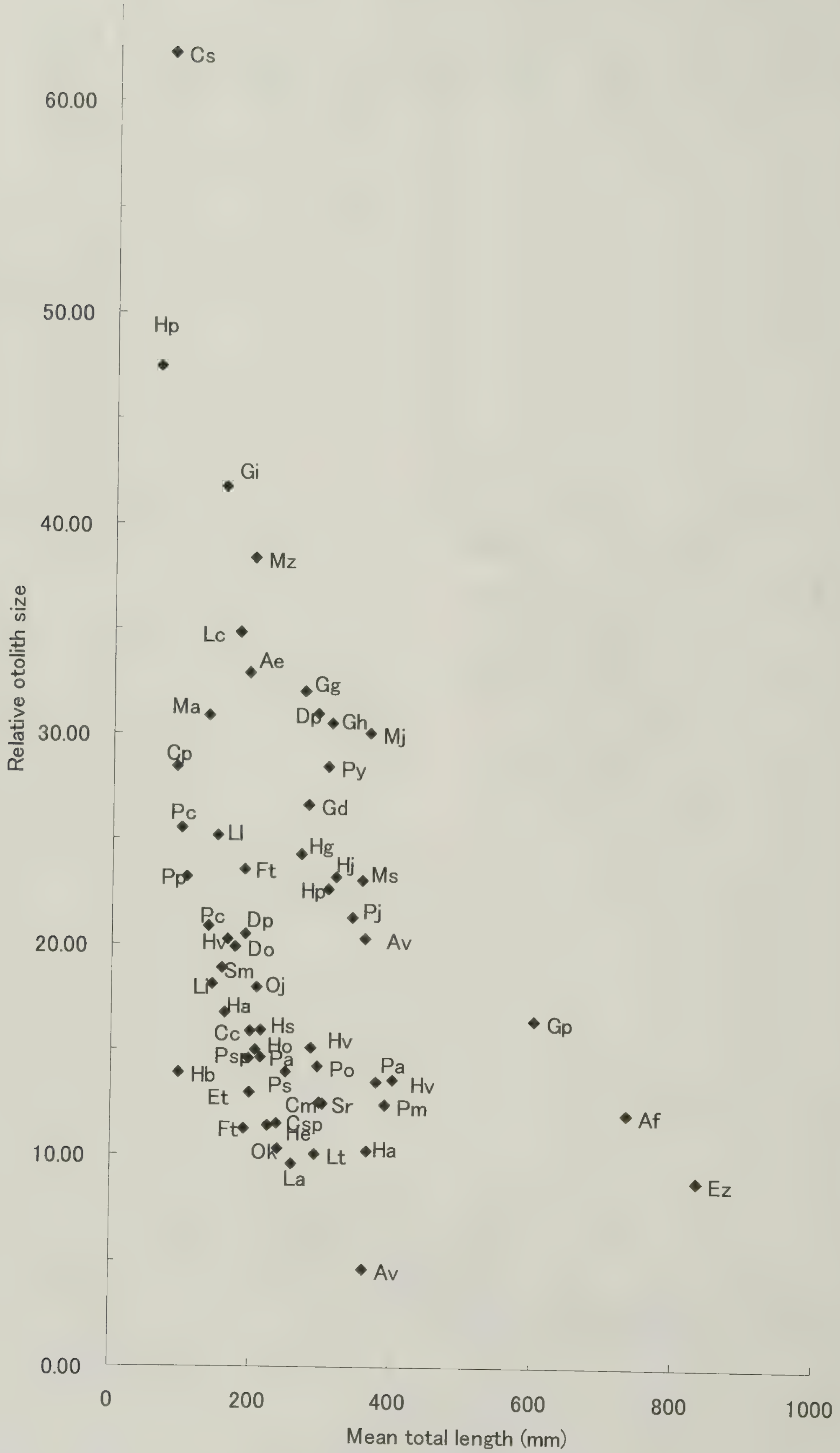


Fig. 2-23. Relation of otolith size index to total body length (Scorpaeniformes (2. Cottoidei)). Abbreviations see table 2-10.

種，キントキダイ科4種，テンジクダイ科20種，キス科2種，キツネアマダイ科4種，スギ科1種，アジ科36種，シイラ科1種，ヒイラギ科3種，シマガツオ科2種，ハチビキ科2種，フエダイ科21種，タカサゴ科1種，マツダイ科1種，クロサギ科5種，イサキ科15種，タイ科40種，フエフキダイ科12種，ニベ科10種，ヒメジ科11種，ヒメツバメウオ科2種，ハタンポ科2種，イスズミ科5種，スダレダイ科4種，チョウチョウウオ科21種，キンチャクダイ科11種，カワビシャ科1種，イシダイ科2種，カワスズメ科1種，スズメダイ科22種，ゴンベ科6種，タカノハダイ科5種，アカタチ科1種について，写真画像とともに形態の詳細な記載が示されている（Malcolm *et al.*, 1995)。単一科魚種の研究については，東シナ海のキグチでは耳石輪紋の性状（三尾 1974），東シナ海のアカアマダイでは耳石形状の特徴（林，1976a），カリフォルニア海域のキントキダイ科4種の外形と溝の形状（Fitch and Schultz, 1978），南米およびアフリカ大陸に生息するカワスズメ科では溝の形状の特徴(Gaemers, 1984)，飼育されたカワスズメ科 *Oreochromis niloticus* では外形と食物と水温による成長帯の特徴，米国フロリダ州のブラックバスとそのハイブリッドでは耳石形態の相違（Maceina and Murphy, 1989)，太平洋熱帯海域のフエダイ科ハチジョウアカムツでは耳石形態の地域変異（Smith 1992)，メキシコ湾北部のフエダイ科 *Lutjanus campechanus* では耳石外形と側面形，ニュージーランド海域のタカノハダイ科 *Nemaductylus macropterus* では耳石外形の特徴（Gauldie, 1994)，ベンガル湾のニベ科ではクログチ属2種では耳石形状の特徴（Sasaki, 1995)，地中海のヒメジ科 *Mullus barbatus* では耳石外形と溝の形状（Aquirre and Lombarter, 1999）に関する報告がある。また，ニベ科についてみると，中国および日本産のニベ科では，溝域形状の4型識別（Chu, 1963，谷口，1981)，ベネズエラ近海のニベ科では，海底堆積物の新生代中新世の耳石化石と現存種5種15型の外形，溝の形状と側面形の特徴（Aguilera and Aguilera, 2003）に関する研究報告がある。

系群研究では，南西日本海と東シナ海のマアジを対象に，輪紋の性状から系群判別が行われている（畔田・落合，1962, 堀田・中嶋，1970)。耳石化石の研究では，ドイツ北部のアジ科，テンジクダイ科，タイ科，ニベ科とアカタチ科（Campbell, 1929)，メキシコ湾沿岸部のニベ科（Frizzell and Dante, 1965)，カリフォルニア沿岸部のニベ科，ハタ科，ウミタナゴ科，アジ科とスズキ科（Fitch, 1964, 1966, 1967ab, 1968, Hudoleston and Barker, 1978)，静岡県掛川市と神奈川県北部のアマダイ科，ニベ科，タイ科，イトヨリダイ科，アカタチ科，キス科とアジ科（大江，1976, 1983, 1991）の耳石形状に関する報告がある。異常耳石では，飼育されたニベ科の *Sciaenops ocellatus* に関する記載がある（David and Grimes, 1994)。また，アジ科魚類は有用種であると共に，サメ類，アシカ類，イルカ類等の重要な餌生物になっており，捕食動物の胃内中に残存する耳石から種の識別が行われている（Pascoe, 1986, Antonelis, Jr. *et al.*, 1984, McKkinnon, 1994)。

年齢に関する研究は，ニベ科が最も多く，次いで，タイ科，アジ科，ハタ科とサンフィシュ科が多く，その他多くの科魚類で行われている。

ニベ科魚類の耳石は，凹面が著しく隆起して，表面観察では輪紋読み取りが困難なので，殆どが薄片法で観察されており，西アフリカ沿岸の *Pseudotolithus* 属（Poinsard and Troadec, 1966)，ペルー海域のナガニベ属（Samame' and Okada, 1973)，東シナ海と黄海のキグチ（三尾ら，1975)，米国カリフォルニア湾の *Totoaba macdonaldi*（Rodriguez and Hammann, 1997)，メキシコ湾北部海域，バージニア州チェサピーク湾の *Micropogonias undulates*（Barger, 1985, Barbieri *et al.*, 1994)，コスタリカ太平洋沿岸のナガニベ（Mug-Villanueva *et al.*, 1994)，メキシコ湾テキサス沿岸の *Cynoscion nebulosus*（Maceina *et al.*, 1987)，有明海のコイチ（Takita *et al.*, 1993)，メキシコ湾北部沿岸，フロリダ大西洋沿岸の *Sciaemops ocellatus*（Becman *et al.*, 1989)，Prentice and Dean, 1991, Murphy and Taylor, 1991)，バージニア州チェサピーク湾の *Cynoscion regalis*（Lowerre-Barbieri *et al.*, 1994, Lowerre-Barbieri *et al.*, 1995)，メキシコ湾ルイジニア沿岸，北大西洋，バージニア州チェサピーク湾，フロリダ大西洋沿岸の *Pogonias cromis*（Beckman *et al.*, 1990, Campana and Jones, 1998, Jones and Wells, 1998, Murphy *et al.*, 1998)，南アフリカ沿岸とナミビア沿岸の *Atractoscion aequidens* と *Argyrosomus inodorus*（Griffiths and Hecht 1995, Griffiths, 1996, Kirchner and Voges, 1999）に関する研究報告がある。

タイ科魚類の耳石はやや肥厚し，表面観察では輪紋が読み取り難いので，1980年以降は薄片法による年齢査定の報告が大部分である。関東近海のマダイとチダイ（海老名，1936ab)，東シナ海のキダイ（村山，1949)，瀬戸内海播磨灘のマダイ（横川，1992)，南アフリカ沿岸とナミビア沿岸の *Pachymetopon blochii*, *Cymatoceps nasutus*, *Chrysoblephus laticeps*, *Lithognathus aureti* と *Rhabdosargus globicepf*（Pulfrich and Griffirhs, 1988, Buxton and Clarke,

1989, Buxton, 1993, Holtzhausen and Kirchner, 2001, Griffiths *et al.*, 2002), オーストラリア近海の *Pagrus auratus* (Francis, 1992, Francis *et al.*, 1992, Francis *et al.*, 1993), 地中海の *Pagrus pagrus* (Machias *et al.*, 1998), メキシコ湾の *Archosargus probatocephalus* と *Pagrus pagrus* (Beckman, 1991, Hood and Johnson, 2000, Dutka-Gianelli and Murie, 2001) に関する研究報告がある。

アジ科魚類は，表面観察による年齢査定の報告が大部分である。対馬海峡のマアジ（三渕ら，1958），日本海南西部海域のマアジ（今岡，1967），チリ沖の *Trachurus murphyi* (Kaiser, 1973), オーストラリア近海の *Trachurus declivis* (Webb and Grant, 1979), 東シナ海のマアジ（中嶋，1982), ニュージーランド近海の *Cranx georgianus* と *Trachurus* spp. (James, 1984, 川原 , 1992, Horn, 1993), 新潟県沿岸のマアジ（西田・長谷川，1994)，メキシコ湾の *Seriola dumerili* (Thompson *et a1.*, 1999), 南アフリカ沖の *Trachurus trachurus* (Kerstan, 1995, Waldron and Kerstan, 2001)，高知県沖のマアジ（阪地，2001）に関する研究報告がある。

ハタ科魚類は薄片法による年齢査定が多い。カリフォルニア近海の *Paralabrax clathratus* (Young, 1963)，米国南東大西洋岸の *Centropristis striata* (Wenner *et al.*, 1986)，大西洋のバーミューダ・プエルトリコ海域の *Epinephelus guttatus* (Luckhust *et al.*, 1992, Sadovy *et al.*, 1992, Sadovy and Severin, 1994), オーストラリア東岸（グレートバーリア・リーフ）の *Plectropomus maculatus* と *P. leopardus* (Ferreira and Russ, 1992, 1994)，メキシコ湾の *Epinephelus itajara* と *Mycteroperca bonac* (Bullock *et al.*, 1992, Crabtree and Bullock, 1998)，沖縄県近海のスジアラ（海老沢，2000）に関する研究報告がある。

サンフィシュ科とカワスズメ科魚類は表面観察による年齢査定が多い。カナダ南西部の *Microptrus salmoides* (Maralo and MacCrimmon, 1979)，フロリダ州の *Pomoxis nigromaculatus*, *Micropterus salmoides* と *Lepomis macrochirus* (Doerzbacher *et al.*, 1984, Hoyer *et al.*, 1985, Schramm, Jr. 1989, Schramm, Jr. *et al.*, 1992, Green and Heidinger, 1994)，オーストラリア南東部の Macquaria novemaculeata (Harris, 1987)，南ダコタ州の *Pomoxis nigromaculatus* (Kruse *et al.*, 1993)，ミシシッピー州北部の *Pomoxis annularis* (Hammers and Miranda, 1991)，三重県のブラックバス（Yodo and Kimura, 1996）に関する研究報告がある。また，カワスズメ科ではアフリカ・ボツアナ国の *Oreochromis andersonii* (Booth *et al.*, 1995)，南米ベネズエラの *Cichla temensis*, *C. orinocensis* と *C. intermedia* (Jepsen *et al.*, 1999) に関する研究報告がある。

複数の研究報告があるその他の科では，イサキ科，アマダイ科，ムツ科とタカノハダイ科は表面観察，スズメダイ科，スズキ科，フエフキダイ科，Percithyidae 科，キス科，フエダイ科，タカサゴ科とメジナ科で主に薄片法で年齢査定が行われている。イサキ科では，熊野灘のイサキ（木村，1984)，徳島県沿岸のイサキ（渡辺・岡崎，1999)，アマダイ科では，対馬近海のアカアマダイ（Lim and Misu, 1974)，東シナ海のアカアマダイとシロアマダイ（林 , 1976b,, 林ら , 1987)，日向灘のアカアマダイ（黒木・寺山 , 1993)，徳島県太平洋沿岸のアカアマダイ（渡辺ら，1995)，ムツ科では，相模湾のムツ（Mochizuki, 1979)，米国太平洋沿岸の *Pomatomus saltatrix* (Barger, 1990)，タカノハダイ科では，ニュージーランド近海の *Cheilodactylus macropterus* と *C. kumi* (Tong and Vooren, 1972, Elder, 1976,Vooren, 1977)，オーストラリア南東岸の *Nemadactylus macropterus* (Smith, 1982) に関する研究報告がある。スズメダイ科では，オーストラリア東岸（グレートバーリア・リーフ等）の *Pomacentrus molucensis*, *P. wardi* と *Parma microlepis* (Fowler and Doherty 1992, Worthington *et al.*, 1995, Tzioumis and Kingsford., 1999)，ブラジル沿岸の *Stegaste fuscus* (Schwamborn and Ferreira, 2002)，スズキ科では，米国大西洋沿岸の *Morone saxatilis* (Welch *et al.*, 1993, Secor *et al.*, 1995)，フエフキダイ科では，オーストラリア東岸の *Lethrinus miniatus* (Brown and Sumpton, 1998)，中央インド洋の *Aprion virescens* (Pilling *et al.*, 2000)，Percithyidae 科では，オーストラリア近海の *Macquaria novemaculeata, M. ambigua* と *Maccullochella peelii* (Haris, 1985, Anderson *et al.*, 1992ab, Gooley, 1992) に関する研究報告がある。キス科では，九州西岸のキス（三尾 , 1965)，東京湾のシロギス（Sulistiono *et al.*, 1999)，オーストラリア南・南西沿岸の *Sillago schomburgkii* と *Sillaginodes punvtata* (Hyndes and Potter, 1997, Fowler and Short, 1998, Hyndes *et al.*, 1998) に関する研究報告がある。フエダイ科では，ハワイ近海の *Lutijanus kasmir* (Morales-Nin and Ralston, 1990)，オーストラリア近海の *Lutijanus erythropterus, L. malabaricus* と *L. sebae* (Milton *et al.*, 1995)，カリフォルニア近海の *Lutijanus peru* (Rocha-Olivares, 1998)，沖縄近海の *Lutjanus fulviflammus* (Shimose and Tachihara, 2005)，メジナ科では，佐世保湾，伊豆半島沿岸域のメ

ジナ（水江ら，1961，吉原ら，2000），米国フロリダ近海の *Haemulon plumieri*（Potts and Manooch, 2001）に関する研究報告がある。

その他，シマガツオ科では，北太平洋北西海域のシマガツオ（待島・中村，1971），カワビシャ科では，ハワイ近海の *Pseudopentaceros wheelie*（Uchiyama and Sampaga, 1989），テンジクダイ科では，東京湾のテンジクダイ（Kume *et al.*, 1998），Coracidae 科では，南アフリカ沖の *Caracnus capensis*（Bennett and Griffiths, 1986）が表面観察法で年齢査定が行われている。また，Latridae 科では，ニュージーランド近海の *Latridopsis ciliaris*（Francis, 1981），ホタルジャコ科では，鹿児島湾のオオメハタ（岩川・小沢，1999），Polyprionidae 科では，ニュージーランド近海の *Polyprion oxygeneios*（Francis *et al.*, 1999），アカメ科では，米国フロリダ近海の *Centropomus undecimalis*（Taylor *et al.*, 2000），シイラ科では西インド諸島バルバドス近海のシイラ（Oxenford and Hunte, 1983），イトヨリダイ科では，鹿児島湾のソコイトヨリ（Granada *et al.*, 2004），タカベ科では，大島近海のタカベ（Watari *et al.*, 2005）が主として薄片法で年齢査定が行われている。

本研究において耳石を採取した標本魚は，ケツギョ科，スズキ科，イシナギ科，シキシマハナダイ科，ミハラハナダイ科，チョウセンバカマ科，サンフィシュ科，ヤセムツ科，ムツ科，スギ科，ギンカガミ科，マツダイ科，キス科，チョウチョウウオ科，キンチャクダイ科，カワスズメ科，シマイサキ科，イスズミ科とカゴカキダイ科が1種，キントキダイ科，シイラ科，ヒイラギ科，シマガツオ科，タカサゴ科，イトヨリダイ科，ヒメジ科，カワビシャ科，タカノハダイ科，アカタチ科，ウミタナゴ科，スズメダイ科，イシダイ科とメジナ科が2種，アマダイ科，フエダイ科とフエフキダイ科が3種，テンジクダイ科が4種，ホタルジャコ科とイサキ科が5種，タイ科とニベ科が7種，ハタ科が12種，アジ科が16種の合計43科112種である。

28-1．ケツギョ科 Sinipercidae

オヤニラミ *Coreoperca kawamebari*

外形は楕円形（B型）で，前角と前上角がやや発達し，欠刻は明確である。側面形は反り状型（a型）である。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁に達する（I_1型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

28-2．スズキ科 Moronidae

スズキ *Layeolabrax japonicus*

外形は縁辺に小さい波型凹凸が顕著な長楕円形（C型）で，前角は発達するが，前上角が発達せず，欠刻は不明確である。側面形は反り状型（a型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，後端が僅かに下方に曲がり，下縁の後部付近まで認められる（II_1型）。輪紋は表面観察で明瞭であり，年齢査定は可能である。

28-3．イシナギ科 Polyprionidae

オオクチイシナギ *Stereolepis doederleini*

外形は楕円形（B型）で，前角と前上角が発達し，欠刻は明確である。側面形は強い反り状型（a型）である。溝は欠刻から後方に延び，後端で僅かに下方に曲がり，中央と後縁の中間付近まで認められる（B_3型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

28-4．ホタルジャコ科 Acropomatidae

ヒメスミクイウオ *Synagrops philippinensis*

外形は楕円形（B型）で，前角が発達し，前上角はあまり発達しないが，欠刻はやや明確である。側面形は反り状型（a型）である。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（II_1型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

ワキヤハタ *Malakichthys wakiyae*

外形は円形に近い楕円形（B型）で，前角と前上角は発達しないが，欠刻はやや明確である。側面形は棒状型（b型）である。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（II_1型）。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

オオメハタ *M. griseus*

外形は下，上縁にやや波型凹凸がみられる円形（A型）で，前角と前上角が発達せず，欠刻は不明確である。側面形は反り状型（a型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（II_1型）。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

ホタルジャコ *Acropoma japonicum*

外形は楕円形（B型）で，前角はやや発達するが，前上角が発達せず，欠刻は不明確である。側面形は反り状型（a型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（II_1型）。輪紋は表面観察で明瞭である。

アカムツ *Doederleinia berycoides*

外形は「茄子」に似た楕円形（B型）で，前角は発達するが，前上角が発達せず，欠刻はやや明確である。側面形は弱い反り状型（a型）である。溝は欠刻部から後方に延び，後端で下方に曲がり，後縁付近まで認

められる（II_2型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭で，年齢査定は可能である

28-5．ハタ科 Serranidae

アラ *Nipon spinosus*

外形は上縁に波型凹凸が顕著な長楕円形(C 型)で，前角と前上角が発達し，欠刻は明確である。側面形は強い反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が中央部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，後端が僅かに下方に曲がり，後縁付近まで認められる（II_1型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭で，年齢査定は可能である。

ヒメコダイ *Chelidoperca hirundinacea*

外形は長楕円形（C 型）で，前角と前上角がやや発達し，欠刻は明確である。側面形は反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（II_1型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

アカイサキ *Caprodon schlegelii*

外形は長楕円形（C 型）で，前角は発達するが，前上角はあまり発達せず，欠刻はやや明確であるが，個体による相違がみられる。側面形は反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が前部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，後部で僅かに下方に曲がり，後縁付近まで認められる（II_1型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

サクラダイ *Sacura margaritacea*

外形は長楕円形（C 型）で，前角はやや発達するが，前上角が発達せず，欠刻は不明確である。側面形は弱い反り状型(a 型)である。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（II_1型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

スジアラ *Plectropomus leopardus*

外形は長楕円形（C 型）で，前角は発達するが，前上角はあまり発達せず，欠刻はやや明確であるが，左右による相違がみられる。側面形は反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，後端が下方に曲がり，下縁の後部付近まで認められる（II_2型）。輪紋は，表面観察で，やや明瞭に観察される。

シマハタ *Cephalopholis igarashiensis*

外形は楕円形（B 型）で，前角と前上角が発達する。欠刻は，近縁のユカタハタより明確である。側面形は強い反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が下部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，後端が下方に曲がり，後縁付近まで認められる（II_2型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

ユカタハタ *C. miniata*

外形は長めの楕円形（B 型）で，前角は発達するが，前上角はあまり発達せず，欠刻はやや明確である。側面形は反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，斜め後方に湾曲して下縁の後部付近まで認められる（II_2型）。輪紋は，表面観察でやや不明瞭である。

マハタ *Epinephelus septemfasciatus*

外形は長楕円形（C 型）と楕円形（B 型）で，前角は発達するが，前上角は発達せず，欠刻はやや明確である。側面形は反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，後端が僅かに下方に曲がり，後縁付近まで認められる（II_1型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

キジハタ *E. akaara*

外形は長楕円形（C 型）で，前角は発達するが，前上角があまり発達せず，欠刻はやや明確である。側面形は強い反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が前部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，後端が僅かに下方に曲がり，後縁付近まで認められる（II_1型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

アカハタ *E. fasciatus*

外形は長楕円形（C 型）で，前角は発達し，前上角があまり発達しないが，欠刻はやや明確である。側面形は強い反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が前部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，中央後部から下方に湾曲し，下縁の後縁付近まで認められる（II_2型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

アオハタ *E. awoara*

外形は長めの楕円形（B 型）で，前角と前上角がやや発達し，欠刻は明確であるが，個体による相違が認められる。側面形は強い反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が中央部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（II_1型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

ヒレグロハタ *E. howlandi*

外形は長楕円形（C 型）で，前角と前上角が発達し，欠刻は明確である。側面形は強い反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（II_1型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

ノミノクチ *E. trimaculatus*

外形は長楕円形（C 型）で，前角は発達するが，前上角があまり発達せず，欠刻はやや明確である。側面形は強い反り状型（a 型）である。溝は浅く，欠刻部から後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められる（B_3型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

ヌノサラシ *Grammistes sexlineatus*

外形は長楕円形（C 型）で，前角はやや発達するが，前上角が発達せず，欠刻は不明確である。側面形は反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が後部にみられる。溝は浅く，欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁に達する（I_1型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

28-6．シキシマハナダイ科 Callanthidae

シキシマハナダイ *Callanthias japonicus*

外形は楕円形（B 型）で，前角と前上角が発達せず，欠刻は不明確である。側面形は反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，中央付近から下方に湾曲して下縁後部に達する（I_2型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

28-7．ミハラハナダイ科 Giganthiidae

ミハラハナダイ *Giganthias immaculatus*

外形は楕円形（B 型）で，前角と前上角が発達し，欠刻は明確である。側面形は反り状型（a 型）である。溝の形状は不明である。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

28-8．チョウセンバカマ科 Banjosidae

チョウセンバカマ *Banjos banjos*

外形は楕円形（B 型）で，前角と前上角がやや発達し，欠刻は明確である。側面形は反り状型（a 型）である。溝は浅く，欠刻部から斜め後方に延び，後端が下方に曲がり，後縁付近まで認められる（II_2型）。輪紋は表面観察で明瞭である。

28-9．サンフィシュ科 Centrarchidae

ブラックバス *Micropterus salmoides*

外形は下縁から後縁に凹凸が顕著な楕円形（B 型）で，前角と前上角がやや発達し，欠刻はやや明確である。側面形は反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が前上部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，後端が僅かに下方に曲がり，後縁付近まで認められる（II_1型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭で，年齢査定が可能である。

28-10．キントキダイ科 Priacanthidae

チカメキントキ *Cookeolus japonicus*

外形は鋸歯状凹凸が顕著な楕円形（B 型）で，前角と前上角がやや発達し，欠刻は明確である。側面形はやや強い反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（II_1型）。輪紋は表面観察で明瞭である。

キントキダイ *Priacanthus macracanthus*

外形は下縁に凹凸がある楕円形に近い円形（A 型）で，前角はやや発達するが，前上角が発達せず，欠刻はやや明確である。側面形は反り状型（a 型）である。溝は細く，欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（II_1型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

28-11．テンジクダイ科 Apogonidae

テッポウイシモチ *Apogon kinesis*

外形は楕円形（B 型）で，前角と前上角は発達しないが，欠刻はやや明確である。側面形は弱い反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は幅広く，欠刻部から後方に延び，後半狭くなり後縁付近まで認められる（II_1型）。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

ネンブツダイ *A. semilineatus*

外形は楕円形（B 型）で，前角と前上角が発達せず，欠刻はやや明確であるが，個体による相違がみられる。側面形は弱い反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が中央部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，前半はかなり幅広いが，後半は急激に狭くなり，後縁付近まで認められる（II_1型）。輪紋は，表面観察ではやや不明瞭である。

テンジクダイ *A. lineatus*

外形は楕円形（B 型）で，前角と前上角はあまり発達しないが，欠刻はやや明確である。テンジクダイ属の他種より，外縁の起伏が大きい。側面形は棒状型（b 型）である。凹面には，弱い隆起が中央部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，前半はかなり幅広いが，後半は急激に狭くなり，後縁付近まで認められる（II_1型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

マトイシモチ *A. carinatus*

外形は楕円形（B 型）で，前角と前上角が発達せず，欠刻は不明確である。側面形は弱い反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が後部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，前半はかなり幅広いが，後半は急激に狭くなり，後縁付近まで認められる（II_1型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

28-12．ヤセムツ科 Epigonidae

ハゲヤセムツ *Epigonus denticulatus*

外形は，下縁に鋸歯状凹凸が顕著な楕円形（B 型）で，前角と前上角がやや発達し，欠刻は明確である。側面形は反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に

延び,ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる(Ⅱ₁型)。輪紋は,表面観察でやや明瞭である

28-13. アマダイ科 Branchiostegidae

シロアマダイ *Branchiostegus albus*

外形は,全縁に波型凹凸が顕著な楕円形(B型)で,前角と前上角はあまり発達しないが,欠刻はやや明確である。側面形は反り状型(a型)である。溝は欠刻部から後方に延び,ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる(Ⅱ₁型)。輪紋は,表面観察で明瞭であり,年齢査定が可能である。

アカアマダイ *B. japonicus*

外形は,上,下縁に波型凹凸がやや顕著な楕円形(B型)で,前角と前上角はあまり発達しないが,欠刻はやや明確である。側面形は反り状型(a型)である。溝は欠刻部から後方に延び,ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる(Ⅱ₁型)。輪紋は,表面観察で明瞭であり,年齢査定が可能である。

キアマダイ *B. auratus*

外形は,上,下縁に波型凹凸がやや顕著な楕円形(B型)で,前角と前上角はあまり発達しないが,欠刻はやや明確である。側面形は反り状型(a型)である。溝は欠刻部から後方に延び,ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる(Ⅱ₁型)。輪紋は表面観察で明瞭である。

28-14. ムツ科 Scombropidae

ムツ *Scombrops boops*

外形は,全縁に鋸歯状,波型等の凹凸が顕著する長めの楕円形(B型)で,前角が発達し,前上角はあまり発達しないが,欠刻は明確である。側面形は強い反り状型(a型)である。溝は欠刻部から後方に延び,後端が下方に曲がり,後縁付近まで認められる(Ⅱ₂型)。輪紋は,表面観察でやや明瞭である。

28-15. スギ科 Rachycentridae

スギ *Rachycentron canadum*

外形は長楕円形(C型)で,前角と前上角が発達し,欠刻は明確である。側面形は反り状型(a型)である。溝は欠刻部から後方に延び,後端が僅かに下方に曲がり,後縁付近まで認められる(Ⅱ₁型)。輪紋は,表面観察でやや明瞭である。

28-16. シイラ科 Coryphaenidae

シイラ *Coryphaena hippurus*

外形は楕円形(B型)で,前角と前上角が発達し,欠刻は明確である。側面形は弱い反り状型(a型)である。溝は細く,欠刻部から後方に延び,ほぼ真直ぐに後縁に達する(Ⅰ₁型)。輪紋は,表面観察では不明瞭である。

エビスシイラ *C. equiselis*

外形は楕円形(B型)で,前角と前上角が発達し,欠刻は明確である。側面形は弱い反り状型(a型)である。溝の形状は不明である。輪紋は,表面観察では不明瞭である。

28-17. ギンカガミ科 Menidae

ギンカガミ *Mene maculate*

外形は,前部が長い三角形(F型)で,前角は発達するが,前上角は発達せず,欠刻は幅広くやや明確である。側面形は強い反り状型(a型)である。凹面には,弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は欠刻部から後方に延び,やや真直ぐに後縁に達する(Ⅰ₁型)。輪紋は,表面観察ではやや不明瞭である。

28-18. アジ科 Carangidae

ツムブリ *Elagatis bipinnulata*

外形は長楕円形に近い広線形(D型)で,前角は発達するが,前上角があまり発達せず,欠刻はやや明確である。側面形は反り状型(a型)である。凹面には,弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は欠刻部から後方に延び,後端が下方に曲がり,後縁付近まで認められる(Ⅱ₂型)。輪紋は,表面観察でやや明瞭である。

ブリモドキ *Naucrates doctor*

外形は楕円形(B型)で,前角と前上角が発達し,欠刻は明確で大きい。側面形は弱い反り状型(a型)である。溝は欠刻部から後方に延び,ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる(Ⅱ₁型)。輪紋は,表面観察でやや明瞭である。

ブリ *Seriola quinqueradiata*

外形は長楕円形(C型)で,前角と前上角がやや発達し,欠刻はやや明確であるが,個体による相違がみられる。側面形はやや強い反り状型(a型)である。凹面には,弱い隆起が中央部から後部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び,ほぼ真直ぐに後縁に達する(Ⅰ₁型)か,後縁付近まで認められる(Ⅱ₁型)。輪紋は,表面観察でやや明瞭である。

ヒラマサ *S. lalandi*

外形は前部が細長い長楕円形(C型)で,前角と前上角が発達し,欠刻は明確である。側面形は反り状型(a型)である。凹面には,弱い隆起が後部の下部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び,ほぼ真直ぐに後縁に達する(Ⅰ₁型)。輪紋は,表面観察でやや明瞭である。

カンパチ *S. dumerili*

外形は長楕円形(C型)で,前角と前上角が発達し

ない。ブリ属の他の種に比べて，明らかに欠刻が不明確である。側面形は反り状型（a 型）である。溝は欠刻部からやや斜め下方に延び，後端が下方に曲がり，後縁付近まで認められる（Ⅱ₂型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

マアジ *Trachurus japonicus*

外形は長楕円形（C 型）で，前角は発達するが，前上角が発達せず，欠刻は不明確である。平均全長 92 mm, 126 mm の幼魚と未成魚は楕円形（B 型）で，欠刻はやや明確である。側面形は反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，下方に湾曲して下縁の後部に達する（Ⅰ₂型）か，あるいは後部付近まで認められる（Ⅱ₂型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭で，年齢査定が可能である。

モロ *Decapterus macrosoma*

外形は長楕円形（C 型）で, 前角と前上角が発達し, 欠刻は明確である。側面形は反り状型 (a 型) である。凹面には，弱い隆起が前上部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，後端が下方に曲がり，下縁の後部に達する (Ⅰ₂型)。輪紋は, 表面観察でやや明瞭である。

オアカムロ *D. tabl*

外形は，上，下縁に鋸歯状等の凹凸が顕著な長楕円形（C 型）で，前角が発達し，前上角はあまり発達しないが, 欠刻は明確である。側面形は反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，下方に僅かに湾曲して後縁に達する（Ⅰ₁型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

マルアジ *D. maruadsi*

外形は長楕円形（C 型）で，前角が発達し，前上角はあまり発達しない。近縁のムロアジ属魚種に比べ，欠刻が小さい。側面形は反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，中央から後部で下方に湾曲して，下縁の後部付近まで認められる（Ⅱ₂型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

アカアジ *D. akaadsi*

外形は長楕円形（C 型）で，前角が発達し，前上角はあまり発達しないが，欠刻はやや明確である。側面形は反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，中央から後部で下方に湾曲して，下縁の後部に達する (Ⅰ₂型)。輪紋は, 表面観察でやや明瞭である。

クサヤモロ *D. macarellus*

外形は長楕円形（C 型）で，前角が発達し，前上角はあまり発達しないが，欠刻は明確である。側面形は反り状型 (a 型) である。溝は欠刻部から後方に延び，後端が僅かに下方に曲がり，下縁の後部付近まで認められる (Ⅱ₁型) か, 下縁後部に達する (Ⅰ₁型)。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

ギンガメアジ *Caranx sexfasciatus*

外形は長楕円形（C 型）で，前角と前上角が発達せず，欠刻は明確でない。側面形は反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，後端が下方に曲がり, 下縁の後部付近まで認められる (Ⅱ₂型)。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

イトヒキアジ *Alectis ciliaris*

外形は長楕円形 (C 型) で, 前角と前上角が発達し，欠刻は明確である。側面形は反り状型 (a 型) である。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（Ⅱ₁型）。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

オキアジ *Uraspis helvola*

外形は長楕円形 (C 型) で, 前角と前上角が発達し，欠刻は明確である。側面形は反り状型 (a 型) である。溝は欠刻部から後方に延び，後端が下方に著しく曲がり, 後縁の下部付近まで認められる (Ⅱ₂型)。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

シマアジ *Pseudocaranx dentex*

外形は長楕円形（C 型）で，前角が発達し，前上角はあまり発達しないが，欠刻は明確である。側面形は反り状型 (a 型) である。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（Ⅱ₁型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

カイワリ *Kaiwarinus equula*

外形は長めの楕円形（B 型）で，前角と前上角が発達し，欠刻は明確である。側面形は反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，後端が下方に曲がり，下縁の後部付近まで認められる（Ⅱ₂型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

28-19. ヒイラギ科 Leiognathidae

ヒイラギ *Leiognathus nuchalis*

外形は，上，下縁に不規則な凹凸がみられる楕円形（B 型）か長楕円形（C 型）で，前角と前上角が発達し，欠刻は明確である。側面形は弱い反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が後部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁に達する（Ⅰ₁型）。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

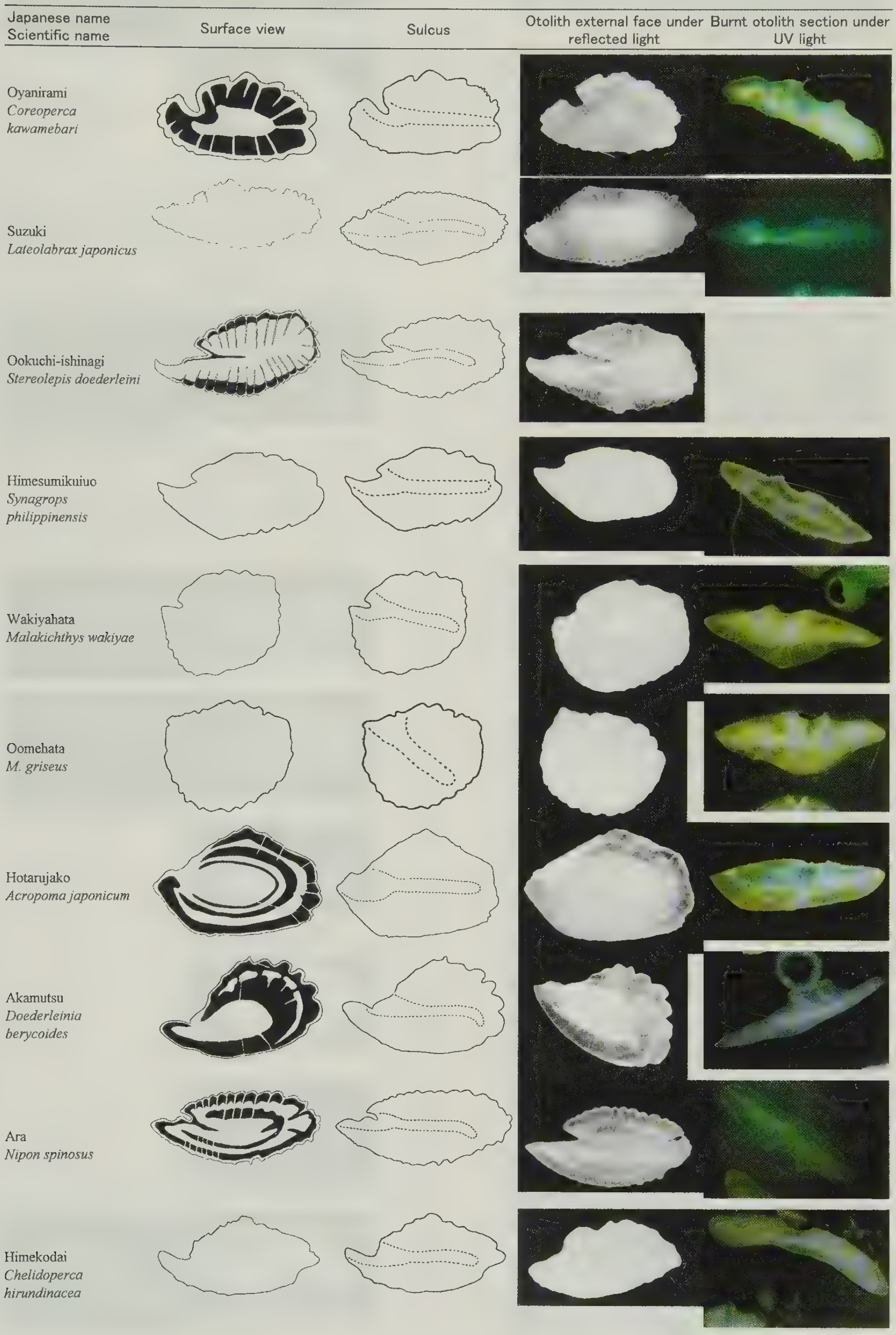
オキヒイラギ *L. rivulatus*

外形は，上，下縁に不規則な凹凸がみられる楕円形（B 型）で，前角と前上角が発達し，欠刻は明確である。側面形は反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（Ⅱ₁型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

Table 2-12. Sample list used for otolith measurement (Perciforms 1)

Family	Japanese name	Scientific name	Abbreviation	Size category	Sample size	Mean total length	Range	Otolith length (mm)	Otolith width (mm)	Otolith area index	Length: height ratio	Relative otolith size	Code of external-side-sulcus forms		
Sinipercidae															
	Oyanirami	*Coreoperca kawamebari*	Ok		1	98	98	3.15	1.85	5.95	1.70	32.14	B	a	I_1
Moronidae															
	Suzuki	*Lateolabrax japonicus*	Lj	Small	10	181		7.65	3.82	16.15	1.97	42.36	C	a	II_1
			Lj	Small mediur	10	282		12.40	5.50	24.18	2.18	42.46			
			Lj	Medium	10	378		14.73	6.58	25.64	2.23	39.18			
			Lj	Large	10	594		20.65	8.64	30.04	2.39	34.82			
Polyprionidae															
	Ookuchi-ishinagi	*Stereolepis doederleini*	Sd		8	214	132-294	7.13	3.97	13.23	1.85	34.75	B	a	II_3
Acropomatidae															
	Himesumikuiuo	*Synagrops philippinensis*	Sp		2	75	67-82	3.93	2.08	10.90	1.89	52.77	B	a	II_1
	Wakiyahata	*Malakichthys wakiyae*	Mw		2	78	64-92	3.93	3.25	16.38	1.21	50.86	B	B	II_1
	Oomehata	*M. griseus*	Mg		4	69	67-70	3.53	3.01	15.40	1.17	51.26	A	a	II_1
	Hotarujako	*Acropoma japonicum*	Aj		6	89	57-110	5.19	3.58	20.88	1.46	58.66	B	a	II_1
	Akamutsu	*Doederleinia berycoides*	Db		8	180	90-293	5.71	3.21	10.18	1.54	33.87	B	a	II_2
Serranidae															
	Ara	*Nipon spinosus*	Ns		5	222	130-278	8.88	4.20	16.80	2.11	39.80	C	a	II_1
	Himekodai	*Chelidoperca hirundinacea*	Ch		4	203	186-218	8.03	3.75	14.83	2.11	39.45	C	a	II_1
	Aka-isaki	*Caprodon schlegelii*	Cs		10	289	231-392	10.01	4.16	14.41	2.40	34.55	C	a	II_1
	Sakuradai	*Sacura margaritacea*	Sm		2	202	187-217	7.10	3.40	11.95	2.09	35.11	C	a	II_1
	Sujiara	*Plectropomus leopardu*	Pl		1	430	430	9.20	3.80	8.13	2.42	21.40	C	a	II_2
	Shimahata	*Cephalopholis igarashiensis*	Ci		1	395	395	11.40	6.10	17.61	1.87	28.86	B	a	II_2
	Yukatahata	*Cephalopholis miniata*	Cm		1	392	392	10.20	5.30	13.79	1.92	26.06	B	a	II_2
	Mahata	*Epinephelus septemfasciatus*	Es		10	220	104-401	7.32	3.77	12.54	1.92	34.45	B,C	a	II_1
	Kijihata	*E.. Akaara*	Ea		11	240	199-351	8.96	4.23	15.79	2.08	37.14	B	a	II_2
	Akahata	*E.. Fasciatus*	Ef		2	293	290-295	9.75	4.38	14.58	2.23	33.52	C	a	II_1
	Aohata	*E.. Awoara*	Ew		4	215	170-332	8.25	4.23	16.23	1.93	38.37	B	a	II_1
	Hiregurohata	*E.. Howlandi*	Eh		1	386	386	9.80	4.20	10.66	2.33	25.38	C	a	II_1
	Nominokuchi	*E.. Trimaculatus*	Et		2	223	210-235	7.90	3.88	13.75	2.04	35.54	C	a	B_3
	Nunosarashi	*Grammistes sexlineatus*	Gs		1	218	218	4.90	2.30	5.17	2.13	22.47	C	a	II_1
Callanthidae															
	Shikishimahanad:	*Callanthias japonicus*	Gj		1	230	230	5.70	3.10	7.68	1.84	24.78	B	a	I_2
Giganthiidae															
	Miharahanadai	*Giganthias immaculatus*	Gi		1			11.10	6.60		1.68	-	B	a	nd
Banjosidae															
	Chousenbakama	*Banjos banjos*	Bb		1	156	156	6.80	4.20	18.31	1.62	43.58	B	a	II_2
Centrarchidae															
	Burakkubasu	*Micropters salmoides*	Ms	Small	2			5.25	2.95		1.78	33.92	B	a	II_1
			Ms	Large	9			8.72	4.80		1.82	28.06			
Priacanthidae															
	Chikamekintoki	*Cookeolus japonicus*	Cj		7	270	158-348	6.79	4.90	12.32	1.38	26.53	B	a	II_1
	Kintokidai	*Priacanthus macracanthus*	Pm		2	206	187-204	1.57	1.48	1.13	1.08	7.69	A	a	II_1
Apogonidae															
	Teppouishimochi	*Apogon kiensis*	Ak		5	85	67-109	4.91	3.38	19.52	1.46	58.05	B	a	II_1
	Nenbutsudai	*A. semilineatus*	As		16	100	64-123	5.53	3.84	21.24	1.44	55.43	B	a	II_1
	Tenjikudai	*A. lineatus*	Al		6	76	49-90	4.70	3.29	20.35	1.42	62.52	B	B	II_1
	Matoishimochi	*A. carinatus*	Ac		8	100	67-139	6.24	4.26	26.58	1.46	62.63	B	a	II_1
Epigonidae															
	Hageyasemutsu	*Epigonus denticulatus*	Ed		2	172	136-208	8.09	5.12	24.08	1.58	47.42	B	a	II_1
Branchiostegidae															
	Shiroamadai	*Branchiostegus albus*	Ba		2	236	216-256	7.35	5.78	18.00	1.28	31.29	B	a	II_1
	Akaamadai	*B. japonicus*	Bj		7	279	201-364	7.67	6.06	16.66	1.27	27.71	B	a	II_1
	Kiamadai	*B. auratus*	Bu		1	276	276	8.10	6.70	19.66	1.21	29.34	B	a	II_1
Scombropidae															
	Mutsu	*Scombrops boops*	Sb		9	251	176-349	9.60	5.04	19.28	1.92	38.33	B	a	II_2
	Kuromutsu	*S. gilberti*	Sg		2	270	266-273	10.45	5.20	20.13	2.01	38.77	C	a	II_2
Rachycentridae															
	Sugi	*Rachycentron canadum*	Rc		1	591	591	5.00	1.80	1.52	2.78	8.46	C	a	II_1
Coryphaenidae															
	Shiira	*Coryphaena hippurus*	Ch	Small	1	190	190	0.90	0.65	0.31	1.38	4.73	B	a	I_1
			Ch	Large	3	628		1.90	1.20	0.36	1.58	3.08			
	Ebisushiira	*C. Equiselis*	Ce		2	245	219-270	1.28	0.73	0.38	1.81	5.25	B	a	iv
Menidae															
	Ginkagami	*Mene maculate*	Mm		1	203	203	3.80	2.10	3.93	1.81	18.71	F	a	I_1
Carangidae															
	Tsumuburi	*Elagatis bipinnulata*	Eb	Small	7	353		4.04	1.38	1.58	2.93	11.56	E	a	II_2
			Eb	Large	1	870	870	7.00	2.22	1.79	3.18	8.04			
	Burimodoki	*Naucrates doctor*	Nd		2	290	286-294	1.78	1.03	0.63	1.74	6.11	B	a	II_1
	Buri	*Seriola quinqueradiata*	Sq	Small	1	318	318	3.60	1.50	1.70	2.40	11.32	C	a	I_1, II
			Sq	Large	2	838		7.18	2.45	2.10	2.96	8.57			
	Hiramasa	*S. lalandi*	Sl		4	916	880-965	7.60	2.61	2.17	2.92	8.30	C	a	I_1
	Kanpachi	*S. dumerili*	Sk		2	235	167-300	3.50	1.45	2.16	2.42	15.40	C	a	II_2
	Ma-aji	*Trachurus japonicus*	Tj	Small	10	92		3.39	1.99	7.33	1.71	36.77	B,C	a	I_1, II
			Tj	Medium	38	131		4.40	2.54	8.53	1.73	34.56			
			Tj	Large	2	280		9.28	4.15	13.75	2.24	33.14			
	Moro	*Decapterus macrosoma*	Do		5	289	210-473	5.76	2.64	5.26	2.18	20.45	C	a	I_2
	Oakamoro	*D. tabl*	Dt		3	296	256-338	6.43	2.65	5.76	2.42	21.81	C	a	I_1
	Maruaji	*D. maruadsi*	Dm		2	286	231-341	6.63	3.03	7.02	2.20	23.40	C	a	II_2
	Akaaji	*D. akaadsi*	Da		2	202	186-218	5.33	2.45	6.46	2.18	26.45	C	a	I_2
	Kusayamoro	*D. macarellus*	Dk		7	278	239-318	5.18	2.20	4.10	2.37	19.76	C	a	I_1, II
	Meaji	*Selar crumenophthalmus*	Sc		2	253	250-256	4.93	2.75	5.36	1.79	19.47	B	a	I_2
	Gingameaji	*Caranx sexfasciatus*	Cg		6	193	172-251	4.90	1.77	4.49	2.78	25.53	C	a	II_2
	Itohikiaji	*Alectis ciliaris*	Ac		1	120	120	2.10	1.00	1.75	2.10	17.50	C	a	II_1
	Okiaji	*Uraspis helvola*	Uh		2	342	323-361	6.10	2.40	4.28	2.54	17.83	C	a	II_2
	Shima-aji	*Pseudocaranx dentex*	Pd		1	437	437	7.10	3.10	5.04	2.29	16.24	C	a	II_1
	Kaiwari	*Kaiwarinus equula*	Ke	Small	6	87		1.96	1.13	2.55	1.76	22.79	B	a	II_2
			Ke	Large	8	175		4.09	2.01	4.70	2.03	23.18			

Fig. 2-24. Illustrations of otolith external form and sulcus, and photographs of otolith external face under reflected light and burnt otolith section under UV light (Perciforms 1).



Aka-isaki
Caprodon schlegelii

Sakuradai
Sacura margaritacea

Sujiara
Plectropomus leopardu

Shimahata
Cephalopholis igarashiensis

Yukatahata
C. miniata

Mahata
Epinephelus septemfasciatus

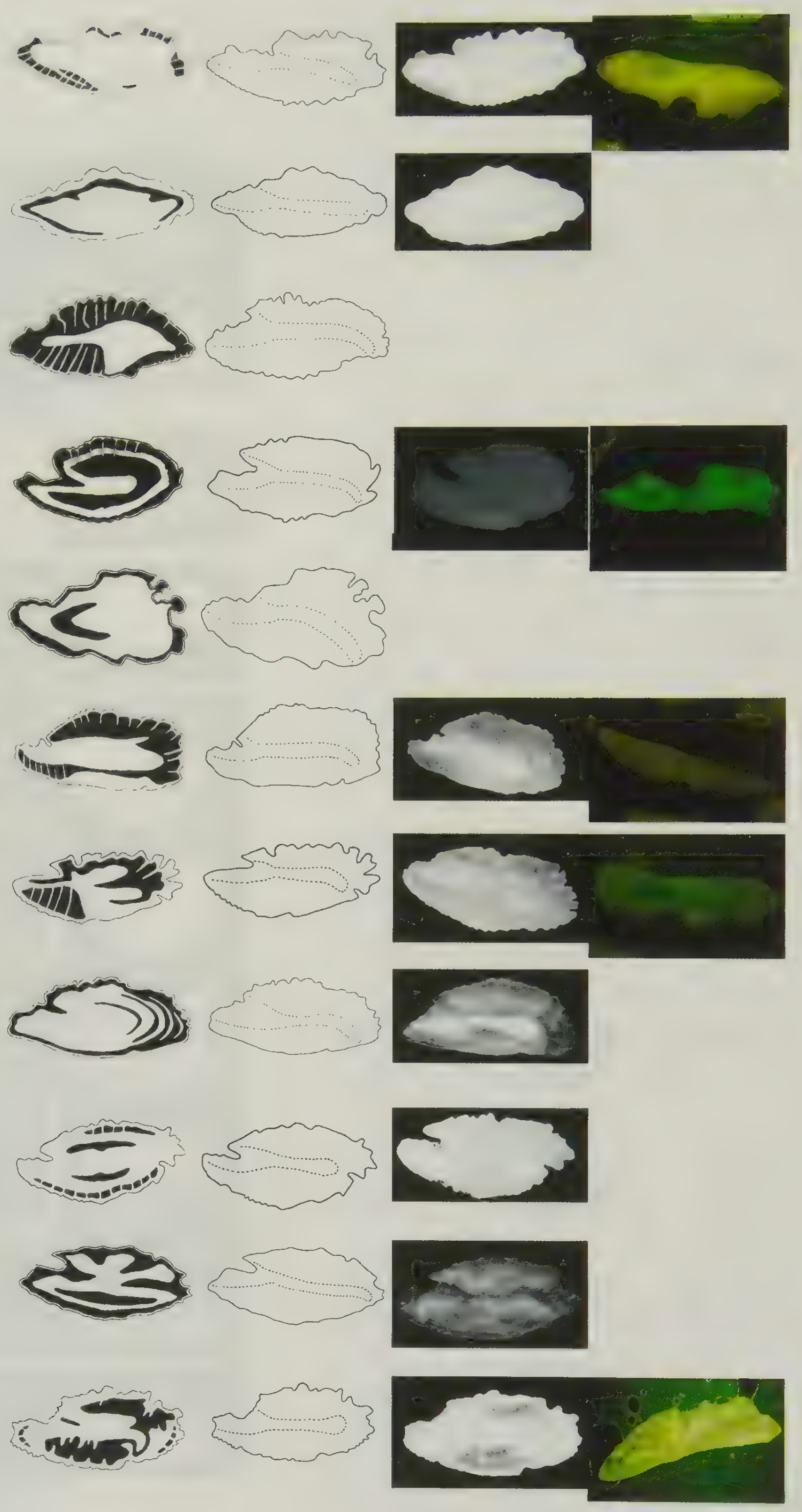
Kijihata
E. Akaara

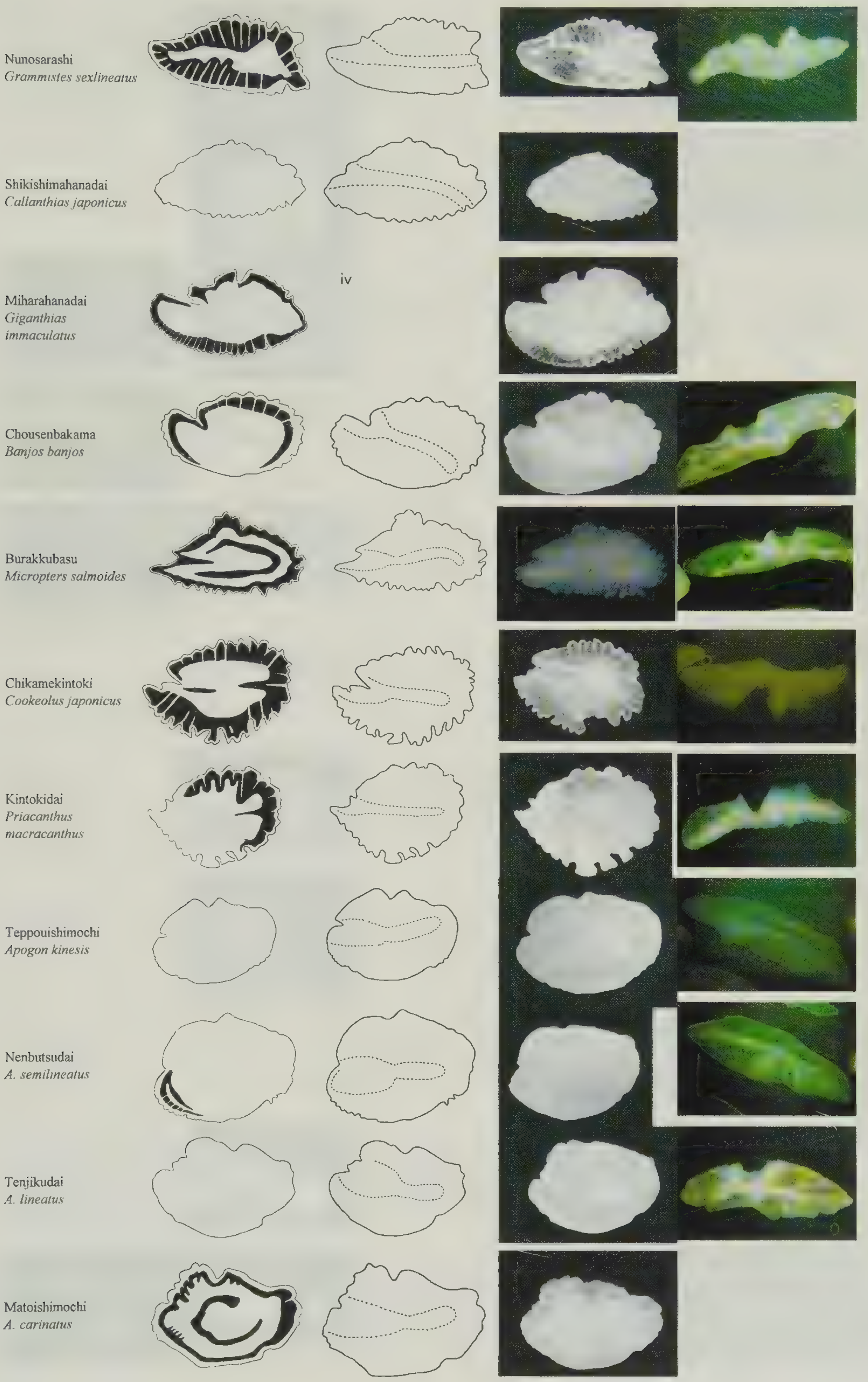
Akahata
E. Fasciatus

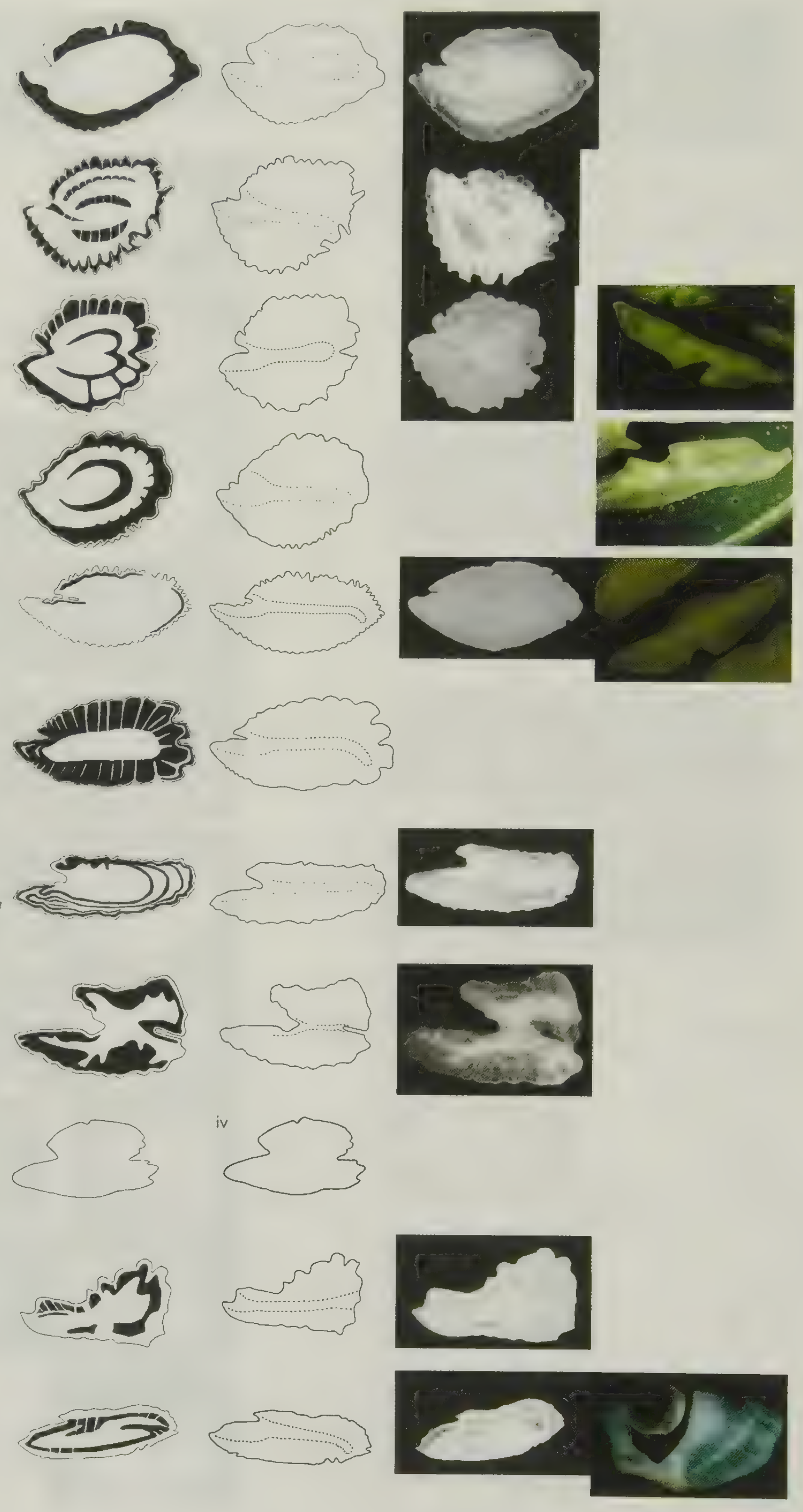
Aohata
E. Awoara

Hiregurohata
E. Howlandi

Nominokuchi
E. Trimaculatus




Nunosarashi
Grammistes sexlineatus
Shikishimahanadai
Callanthias japonicus
Miharahanadai
Giganthias immaculatus
iv
Chousenbakama
Banjos banjos
Burakkubasu
Micropters salmoides
Chikamekintoki
Cookeolus japonicus
Kintokidai
Priacanthus macracanthus
Teppouishimochi
Apogon kinesis
Nenbutsudai
A. semilineatus
Tenjikudai
A. lineatus
Matoishimochi
A. carinatus



Hagevasemutsu
Epigonus denticulatus

Shiroamadai
Branchiostegus albus

Akaamadai
B. japonicus

Kiamadai
B. auratus

Mutsu
Scombrops boops

Kuromutsu
S. gilberti

Sugi
Rachycentron canadum

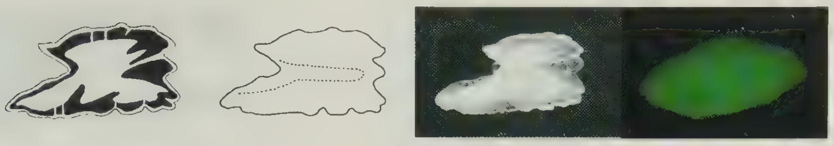
Shira
Coryphaena hippurus

Ebisushiira
C. Equiselis

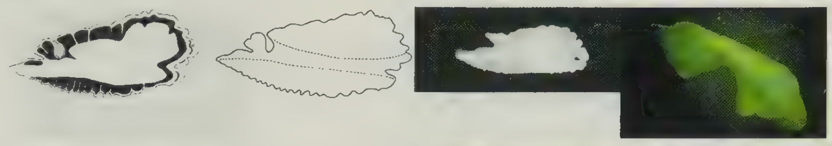
Ginkagami
Mene maculate

Tsumuburi
Elagatis bipinnulata

Burimodoki
Naucrates doctor

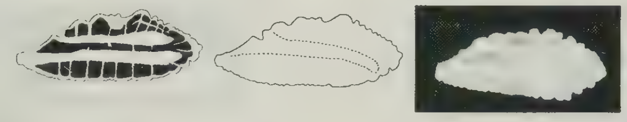


Buri
Seriola quinqueradiata

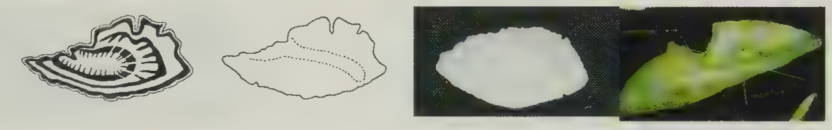


Hiramasa
S. lalandi

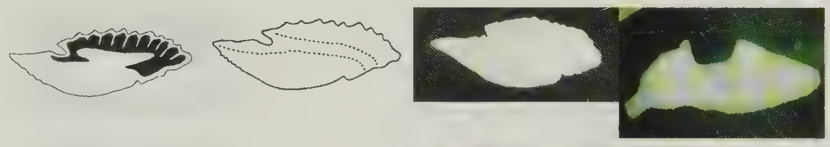
Kanpachi
S. dumerili



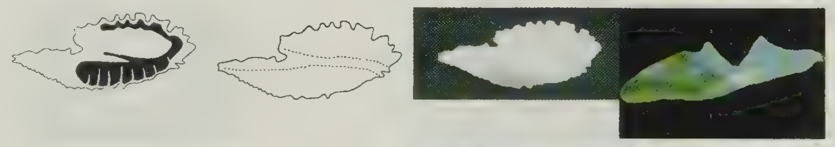
Ma-aji
Trachurus japonicus



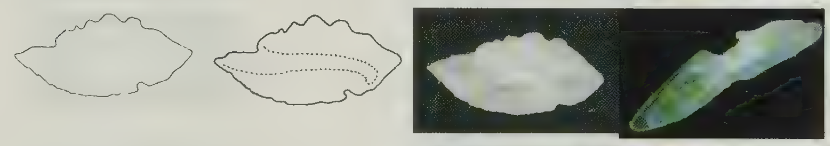
Moro
Decapterus macrosoma



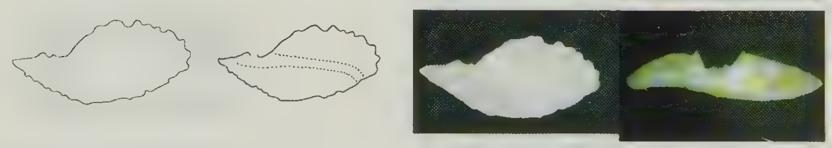
Oakamoro
D. tabl



Maruaji
D. maruadsi

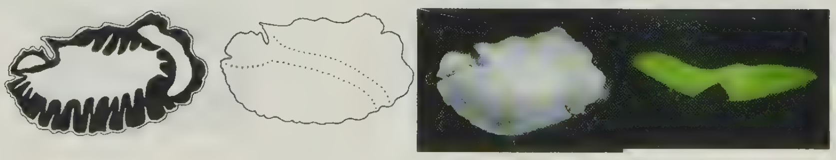


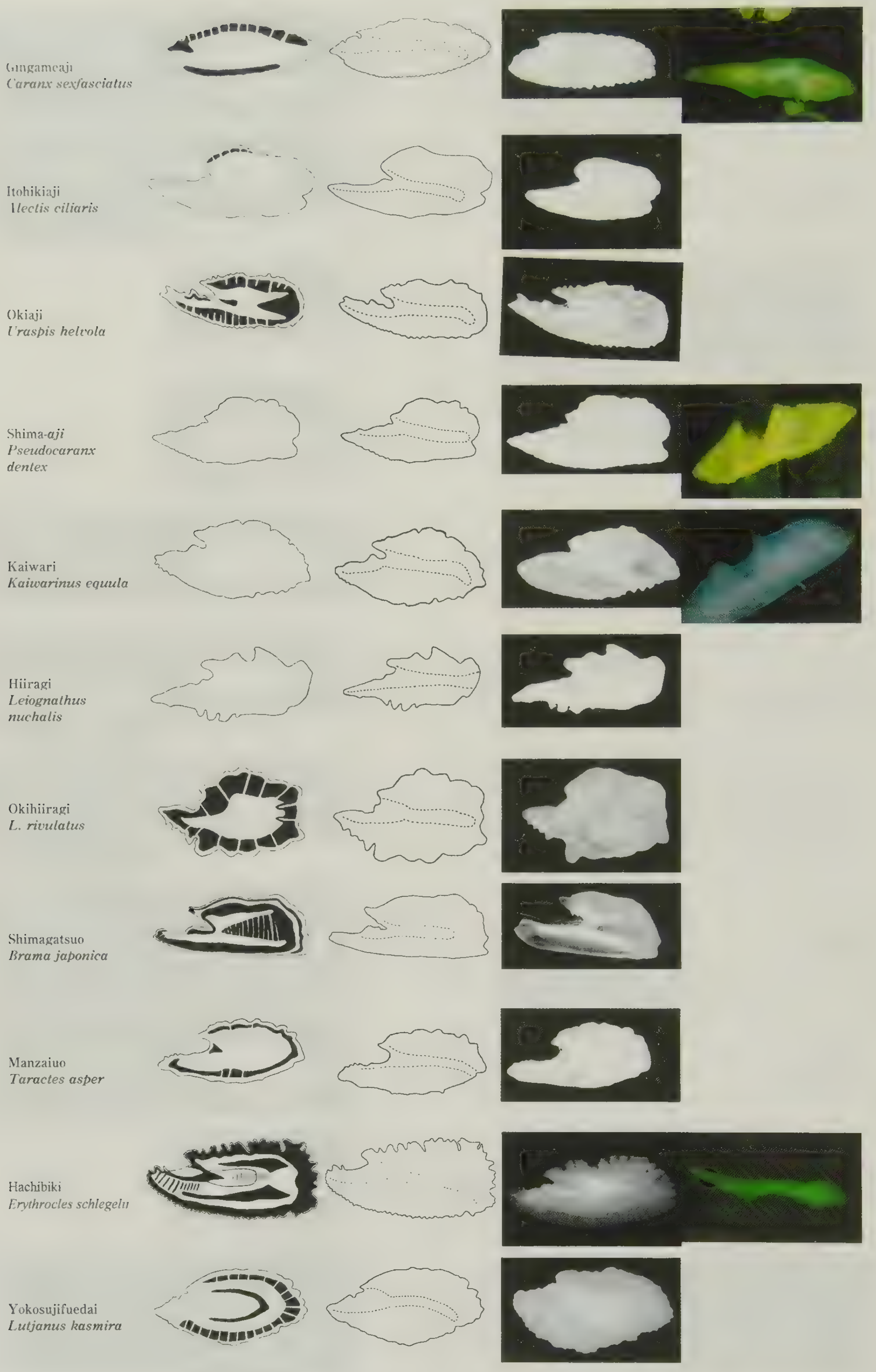
Akaaji
D. akaadsi

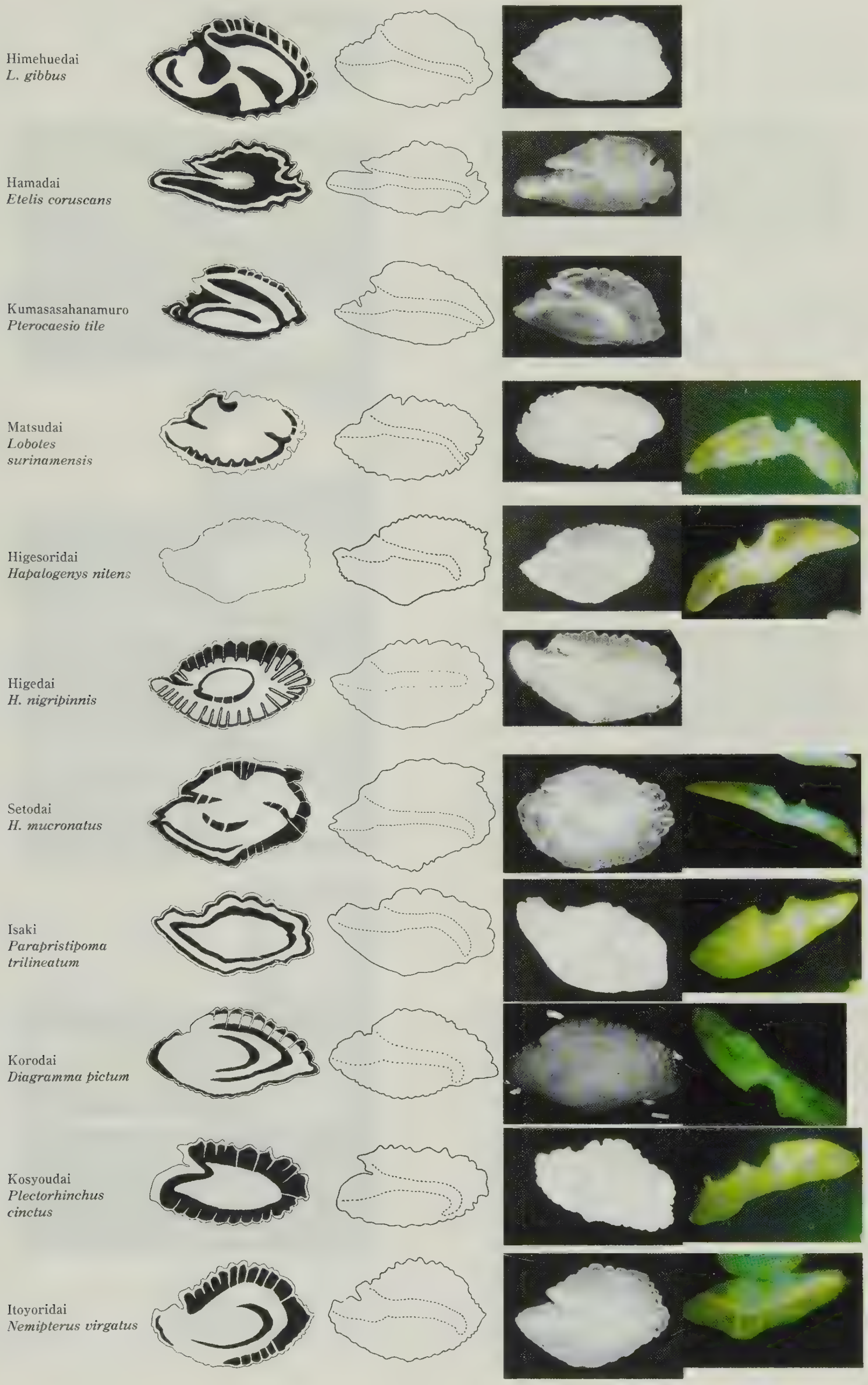


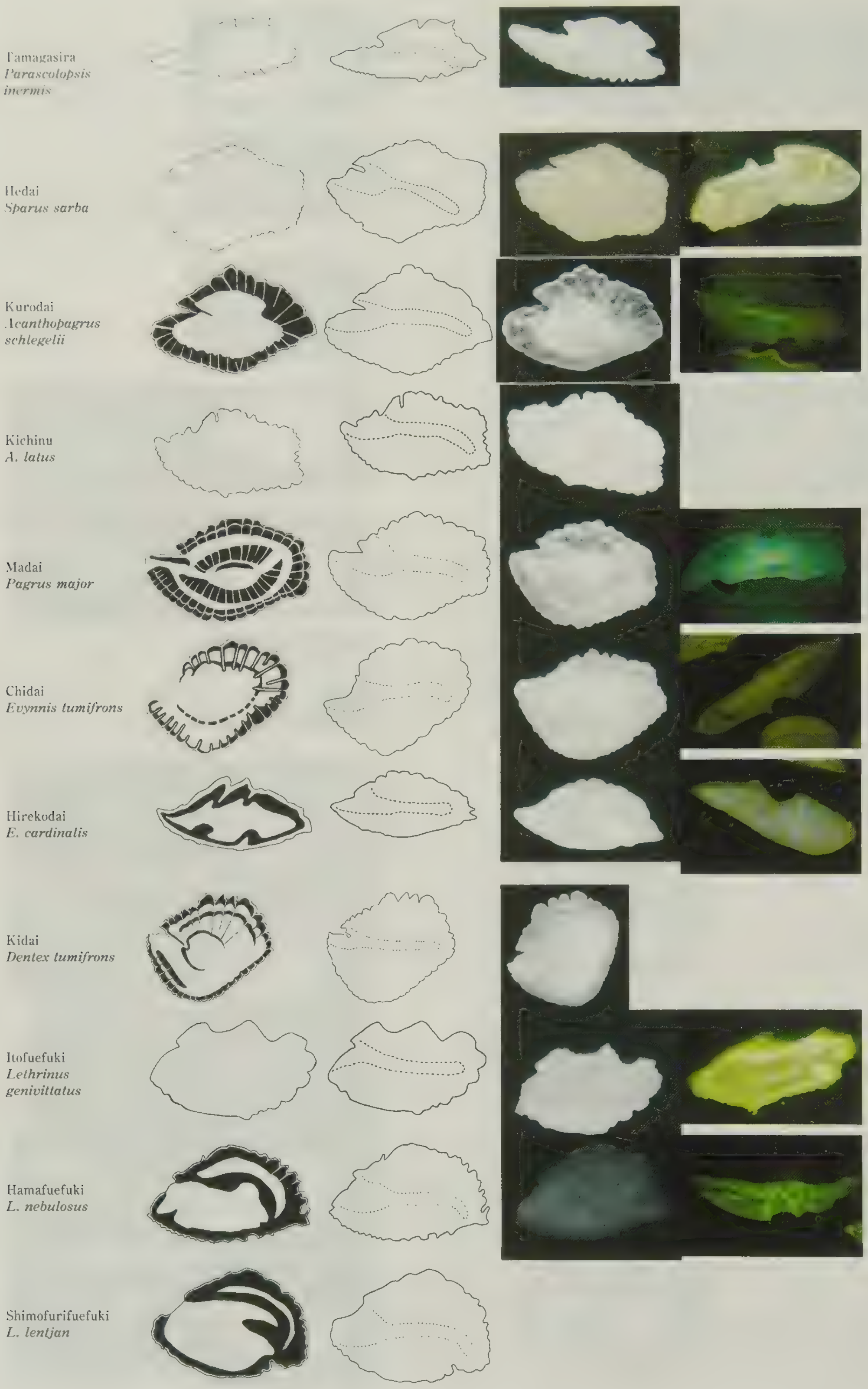
Kusayamoro
D. macarellus

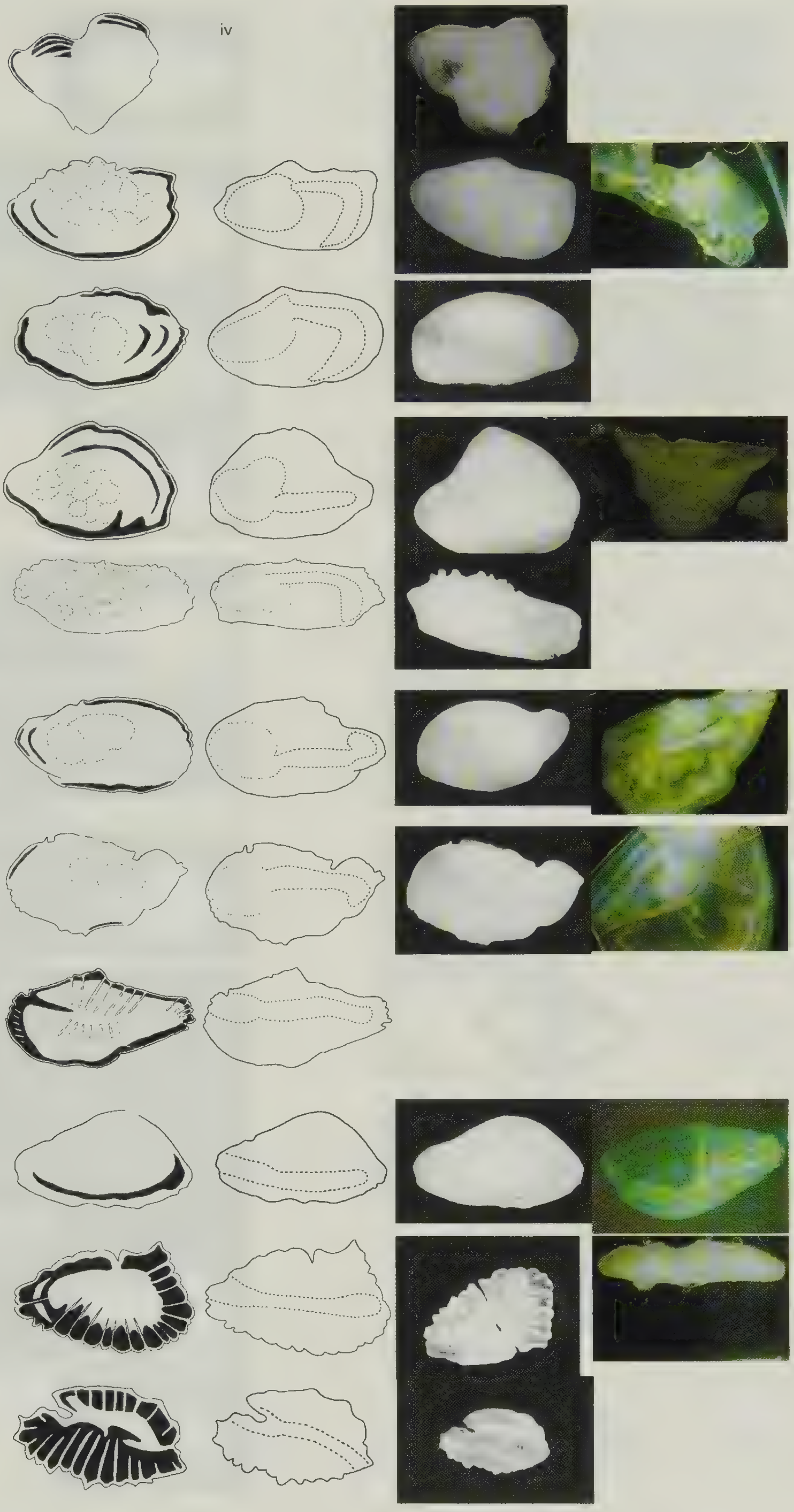
Meaji
Selar crumenophthalmus




Gingameaji
Caranx sexfasciatus
Itohikiaji
Alectis ciliaris
Okiaji
Uraspis helvola
Shima-aji
Pseudocaranx dentex
Kaiwari
Kaiwarinus equula
Hiiragi
Leiognathus nuchalis
Okihiiragi
L. rivulatus
Shimagatsuo
Brama japonica
Manzaiuo
Taractes asper
Hachibiki
Erythrocles schlegelii
Yokosujifuedai
Lutjanus kasmira


Himehuedai
L. gibbus
Hamadai
Etelis coruscans
Kumasasahanamuro
Pterocaesio tile
Matsudai
Lobotes surinamensis
Higesoridai
Hapalogenys nitens
Higedai
H. nigripinnis
Setodai
H. mucronatus
Isaki
Parapristipoma trilineatum
Korodai
Diagramma pictum
Kosyoudai
Plectorhinchus cinctus
Itoyoridai
Nemipterus virgatus


Tamagasira
Parascolopsis inermis
Hedai
Sparus sarba
Kurodai
Acanthopagrus schlegelii
Kichinu
A. latus
Madai
Pagrus major
Chidai
Evynnis tumifrons
Hirekodai
E. cardinalis
Kidai
Dentex tumifrons
Itofuefuki
Lethrinus genivittatus
Hamafuefuki
L. nebulosus
Shimofurifuefuki
L. lentjan



Konibe
Johnius grypotus

Koichi
Nibea albiflora

Nibe
N. mitsukurii

Shiroguchi
Pannahia argentata

Hon-nibe
Miichthys miiuy

Kiguchi
Larimichthys polyactis

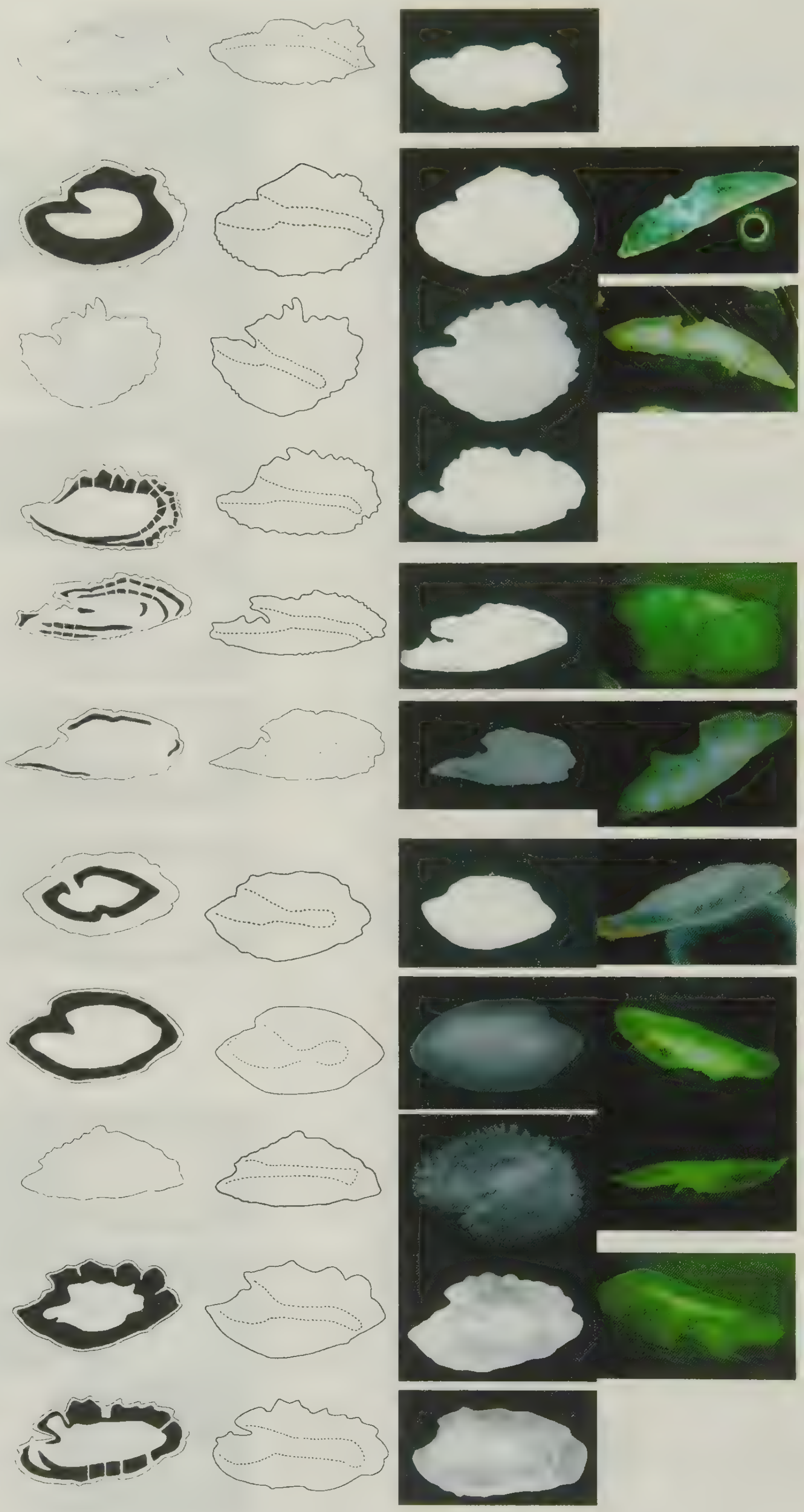
Fusei
L. crocea

Hoshigisu
Sillago aeolus

Shirogisu
S. japonica

Himeji
Upeneus japonicus

Ojisan
Parupeneus multifasciatus



Genrokudai
Chaetodon modestus

Kinchakudai
Chaetodontoplus septentrionalis

Kawabisya
Histiopterus typus

Kusakaritsubodai
Pseudopentaceros wheeleri

Takanohadai
Goniistius zonatus

Yuudachitakanoha
G. quadricornis

Sumitsukiakatachi
Cepola schlegeli

Akatachi
Acanthocepola krusensternii

Kawasuzume
Oreochromis mossambicus

Okitanago
Neoditrema ranconneti

Umitanago
Ditrema temmincki

Suzumedai
Chromis notata notata

Oyabiccha
Abudefduf vaigiensis

Shimaisaki
Rhyncopelates oxyrhynchus

Ishidai
Oplegnathus fasciatus

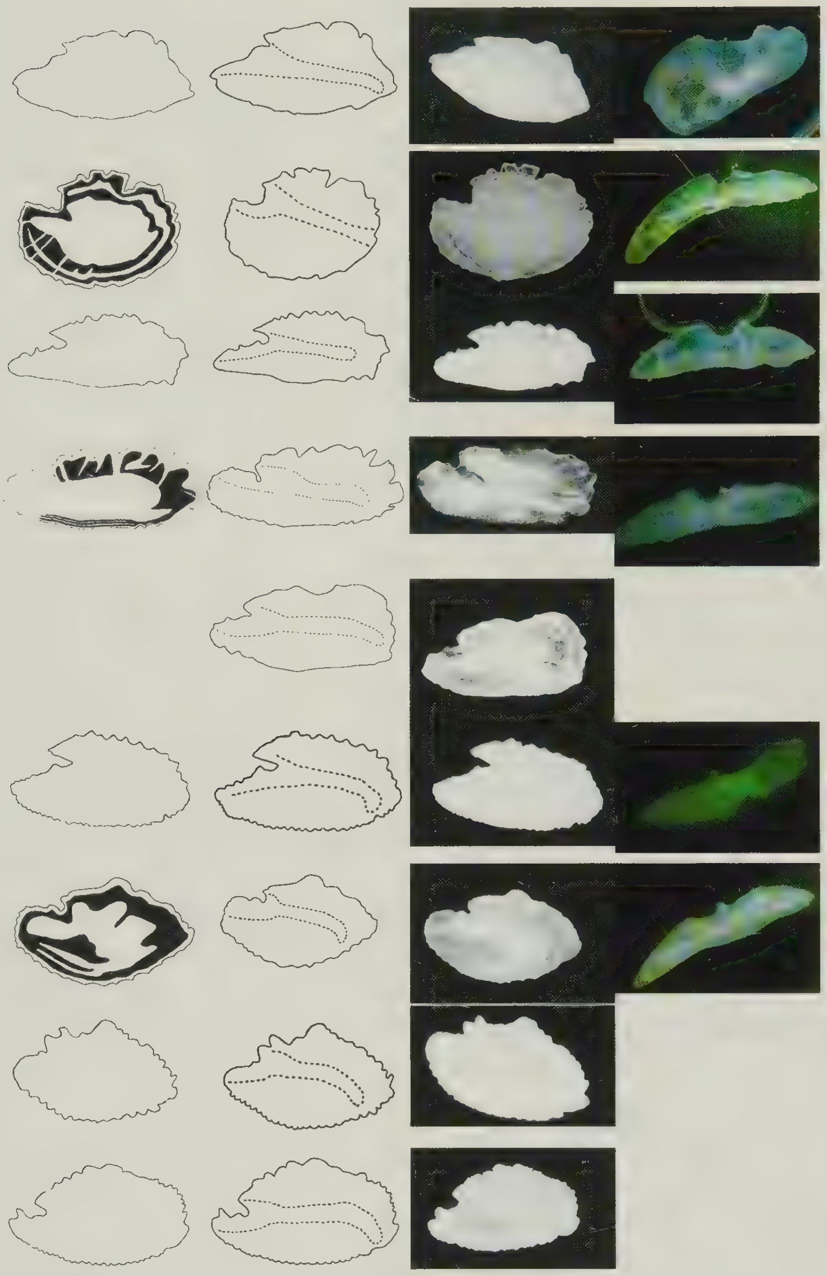
Ishigakidai
O. punctatus

Isuzumi
Kyphosus vaigiensis

Kagokakidai
Microcanthus strigatus

Mejina
Girella punctata

Kuromejina
G. leonine



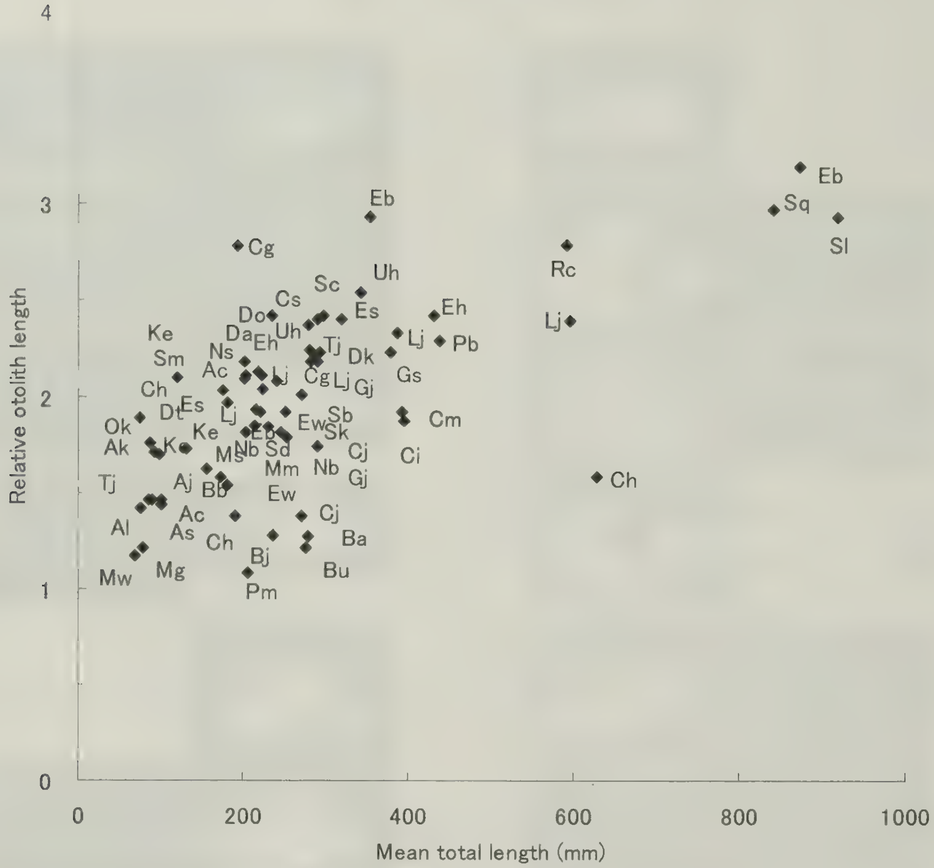


Fig. 2-25. Relation of otolith length:height ratio to total length (Perciforms 1). Abbreviations see table 2-12.

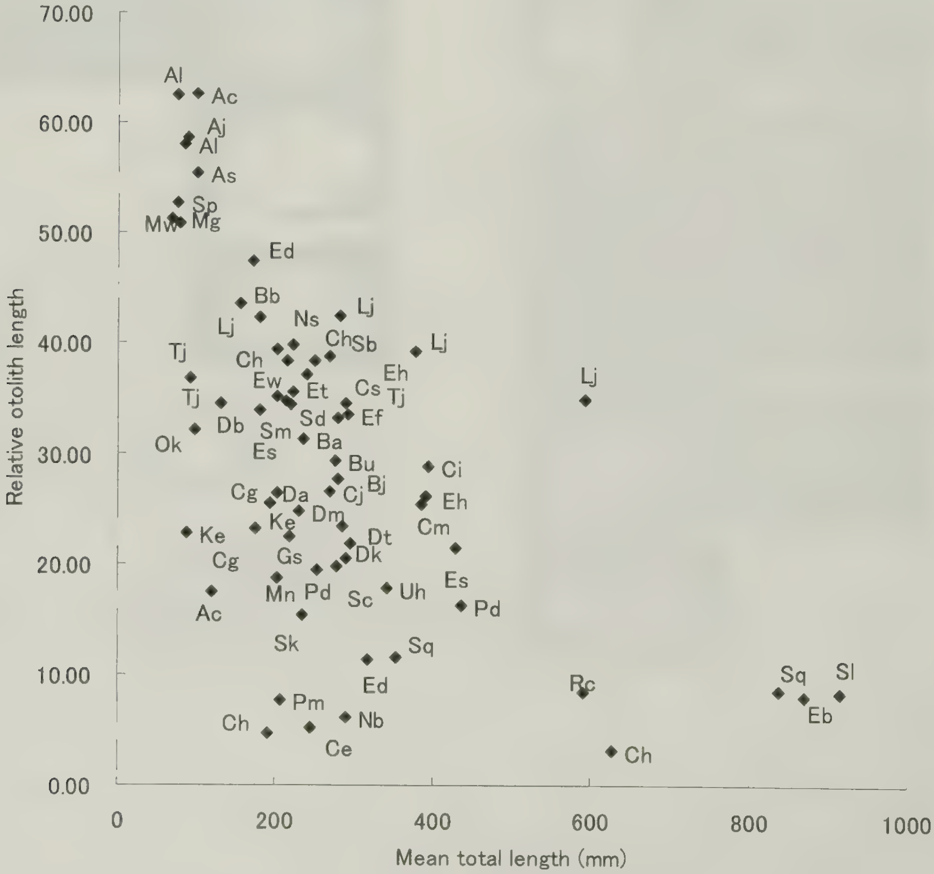


Fig. 2-26. Relation of otolith size index to total length (Perciforms 1). Abbreviations see table 2-12.

28-20. シマガツオ科 Bramidae

シマガツオ *Brama japonica*

外形は長楕円形（C 型）で，前角と前上角が発達し，欠刻は大きく明確である。側面形は弱い反り状型（a型）である。溝は欠刻部から後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められる（Ⅱ$_3$型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭で，年齢査定が可能である。

マンザイウオ *Taractes asper*

外形は長楕円形（C 型）で，前角と前上角が発達し，欠刻は明確である。側面形は弱い反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，中央から後部で下方に湾曲して，後縁に達する（Ⅰ$_2$型）。輪紋は，表面観察ではやや不明瞭（半透明）ある。

28-21. フエダイ科 Lutjanidae

ヨコスジフエダイ *Lutjanus kasmira*

外形は楕円形（B 型）で，前角は発達するが，前上角が発達せず，欠刻はやや明確である。側面形は強い反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，中央から後部で下方に湾曲して，下縁の後部付近まで認められる（Ⅱ$_2$型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

ヒメフエダイ *L. gibbus*

外形は楕円形（B 型）で，前角は発達するが，前上角が発達せず，欠刻はやや明確である。側面形は著しく強い反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が前部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，後端が下方に曲がり，後縁付近まで認められる（Ⅱ$_2$型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

ハマダイ *Etelis coruscans*

外形はやや短めの長楕円形（C 型）で，前角と前上角が発達し，欠刻は明確である。側面形は強い反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，後端が下方に曲がり，下縁の後部付近まで認められる（Ⅱ$_2$型）。輪紋は表面観察で明瞭である。

28-22. タカサゴ科 Caesionidae

クマササハナムロ *Pterocaesio tile*

外形は楕円形（B 型）で，前角は発達するが，前上角が発達せず，欠刻はやや明確である。側面形は強い反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（Ⅱ$_1$型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

ニセタカサゴ *P. marri*

外形は楕円形（B 型）で，前角はやや発達するが，前上角は発達せず，欠刻はやや不明瞭である。側面形は強い反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，後端が下方に曲がり，下縁の後部付近まで認められる（Ⅱ$_2$型）。輪紋は，表面観察ではやや不明瞭である。

28-23. マツダイ科 Lobotidae

マツダイ *Lobotes surinamensis*

外形は全縁に小さい不規則な凹凸がみられる楕円形（B 型）で，前角は発達するが，前上角が発達せず，欠刻は不明確である。側面形は強い反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，中央から後部付近で下方に湾曲して，下縁後部に達する（Ⅰ$_2$型）か，下縁の後部付近まで認められる（Ⅱ$_2$型）。輪紋は，表面観察ではやや不明瞭である。

28-24. イサキ科 Haemulidae

ヒゲソリダイ *Hapalogenys nitens*

外形は楕円形（B 型）で，前角はやや発達するが，前上角が発達せず，欠刻は明確でない。側面形は強い反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，後端が下方に曲がり，下縁の後部付近まで認められる（Ⅱ$_2$型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

ヒゲダイ *H. nigripinnis*

外形は楕円形（B 型）で，前角はやや発達するが，前上角があまり発達せず，欠刻はやや明確である。側面形は半広線形型（c 型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（Ⅱ$_1$型）。輪紋は表面観察で明瞭である。

セトダイ *H. mucronatus*

外形は楕円形（B 型）で，前角と前上角がやや発達し，欠刻は明確であるが，個体による相違がみられる。側面形は強い反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，後端が下方に曲がり，下縁の後部付近まで認められる（Ⅱ$_2$型）。輪紋は表面観察で明瞭で，年齢査定は可能である。

イサキ *Parapristipoma trilineatum*

外形は楕円形（B 型）で，前角は発達するが，前上角があまり発達せず，欠刻はやや明確である。側面形はやや強い反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が後部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，中央から後部で下方に湾曲して，下縁の後部付近まで認められる（Ⅱ$_2$型）。輪紋は表面観察で明瞭で，年齢査定が可能である。

コショウダイ *Plectorhinchus cinctus*

外形は短めな長楕円形（C 型）で，前角と前上角がやや発達し，欠刻はやや明確である。側面形は強い反

り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，後端が著しく下方に曲がり，下縁の後部付近まで認められる（Ⅱ$_2$型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

28-25. イトヨリダイ科 Nemipteridae

イトヨリダイ *Nemipterus virgatus*

外形は楕円形（B 型）で，前角と前上角がやや発達し，欠刻はやや明確である。側面形は反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が前部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，後端が下方に曲がり，後縁付近まで認められる（Ⅱ$_2$型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭で，年齢査定は可能である。

タマガシラ *Parascolopsis inermis*

外形は長楕円形（C 型）で，前角と前上角が発達し，欠刻は明確である。側面形は強い反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，中央の後部付近で下方に湾曲して，下縁の後部付近まで認められる（Ⅱ$_2$型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

28-26. タイ科 Sparidae

ヘダイ *Sparus sarba*

外形は楕円形（B 型）で，前角はやや発達するが，前上角が発達せず，欠刻はやや明確である。側面形は反り状型（a 型）である。溝は浅く，欠刻部から後方に延び，中央の後部付近で下方に湾曲して，下縁の後部付近まで認められる（Ⅱ$_2$型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

クロダイ *Acanthopagrus schlegelii*

外形は楕円形（B 型）で，前角と前上角が発達し，欠刻は明確である。側面形は反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，僅かに下方に湾曲して，後縁付近まで認められる（Ⅱ$_1$型）。輪紋は表面観察で明瞭で，年齢査定は可能である。

キチヌ *A. latus*

外形は楕円形（B 型）で，前角はやや発達するが，前上角が発達せず，欠刻は不明確である。側面形は反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，僅かに下方に湾曲して，後縁付近まで認められる（Ⅱ$_1$型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

マダイ *Pagrus major*

外形は全縁に凹凸がみられる楕円形（B 型）で，前角は発達するが，前上角が発達せず，欠刻はやや明確である。側面形はやや強い反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，後端が僅かに下方に曲がり，後縁付近まで認められる（Ⅱ$_1$型）。輪紋は表面観察で明瞭で，年齢査定に用いられている。

チダイ *Evynnis japonica*

外形は楕円形（B 型）で，前角はやや発達し，前上角があまり発達せず，欠刻はやや明確であるが，個体による相違がみられる。側面形はやや強い反り状型(a 型）である。凹面には，弱い隆起が中央付近にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，後端が僅かに下方に曲がり，後縁付近まで認められる（Ⅱ$_1$型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

ヒレコダイ *E. cardinalis*

外形は短めの長楕円形（C 型）で，同属のチダイと異なっている。前角はやや発達するが，前上角が発達せず，欠刻はやや明確である。側面形は反り状型(a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（Ⅱ$_1$型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

キダイ *Dentex tumifrons*

外形は全縁に小さい凹凸がある四角形に近い円形（A 型）で，前角と前上角は発達しないが，欠刻はやや明確である。側面形は反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が中央部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（Ⅱ$_1$型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭で，研磨による年齢査定に用いられている。

28-27. フエフキダイ科 Lethrinidae

イトフエフキ *Lethrinus genivittatus*

外形は楕円形（B 型）で，前角と前上角がやや発達し，欠刻はやや明確である。側面形は反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（Ⅱ$_1$型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

ハマフエフキ *L. nebulosus*

外形は下縁から後縁に小さい凹凸がみられる楕円形(B 型)で，前角はやや発達するが，前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形はやや捩りがある強い反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が中央部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，後端が下部に曲がり，下縁の後部付近まで認められる（Ⅱ$_2$型）。輪紋は，表面観察ではやや不明瞭である。

シモフリフエフキ *L. lentjan*

外形は下縁から後縁に小さい凹凸がみられる楕円形（B 型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形はやや捩りがある強い反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が中央部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，後端が下方に曲がり，下縁の後部付近まで認められる（Ⅱ$_2$型）。輪紋は，表面観察ではやや不明瞭である。

28-28. ニベ科 Sciaenidae

コニベ *Johnius grypotus*

外形は，三角形に近い楕円形（B 型）で，前角と前上角が発達せず，欠刻は不明確である。側面形は突出隆起型（d 型）で，凹面には，著しい隆起が中央部にみられる。溝の形状は不明である。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

コイチ *Nibea albiflora*

外形は楕円形（B 型）で，前角と前上角が発達せず，欠刻は認められない。側面形は突出隆起型（d 型）で，凹面には，複数の瘤状隆起が中央部から上部にみられる。溝は「おたまじゃくし」に似た特異な形状を示し，耳石前部の頭部が浅く細く，後部の尾部は深く広く，後縁付近で下方に曲がっている（V 型）。輪紋は，表面観察ではやや不明瞭である。

ニベ *N. mitsukurii*

外形は卵型の楕円形（B 型）で，前角はやや発達するが，前上角が殆どみられず，欠刻は認められない。側面形は突出隆起型（d 型）で，凹面には，複数の瘤状隆起が中央部を中心にみられる。溝は「おたまじゃくし」に似た特異な形状を示し，耳石前部の頭部が浅く細く，後部の尾部は深く広く，後縁付近で下方に曲がっている（V 型）。輪紋は，表面観察ではやや不明瞭である。

シログチ *Pennahia argentata*

外形は楕円形（B 型）で，前角はやや発達するが，前上角が発達せず，欠刻は認められない。側面形は突出隆起型（d 型）で，凹面には，複数の瘤状隆起が中央から後部にみられる。溝は「おたまじゃくし」に似た特異な形状を示し，耳石前部の頭部は浅く細く，後部の尾部は深く広く，後縁付近まで認められる（V 型）。輪紋は，表面観察ではやや不明確である。

ホンニベ *Miichthys miiuy*

外形は長楕円形（C 型）で，前角は発達するが，前上角が発達せず，欠刻は認められない。側面形は突出隆起型（d 型）で，凹面には，多数の瘤状隆起がほぼ全面にみられる。溝は「おたまじゃくし」に似た特異な形状を示し，耳石前部の頭部は浅く細く，後部の尾部は深く広く，後縁付近で下方に曲がっている（V 型）。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

キグチ *Larimichthys polyactis*

外形は楕円形（B 型）で，前角は発達するが，前上角が発達せず，欠刻は認められない。側面形は突出隆起型（d 型）で，凹面には，複数の瘤状隆起が中央から後部にみられる。溝は「おたまじゃくし」に似た特異な形状を示し，耳石前部の頭部は浅く細く，後部の尾部は深く広く，後縁付近で膨らんでいる（V 型）。輪紋は，表面観察ではやや不明瞭である。

フウセイ *L. crocea*

外形は上縁後部に凹みがある楕円形（B 型）で，前角は発達するが，前上角が発達せず，欠刻は明確でない。側面形は突出隆起型（D 型）で，凹面には，複数の瘤状隆起が中央から後部がみられる。溝は「おたまじゃくし」に似た特異な形状を示し，耳石前部の頭部は浅く細く，後部の尾部は深く広く，後縁付近でやや膨らんでいる（V 型）。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

28-29. キス科 Sillaginidae

シロギス *Sillago japonica*

外形は楕円形（B 型）で，前角はやや発達するが，前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は反り状型（a 型）である。凹面には，肥厚状の隆起がほぼ全面にみられる。溝は欠刻部から下縁に沿って後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（II_1 型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭で，薄片観察による年齢査定が可能である。

28-30. ヒメジ科 Mullidae

ヒメジ *Upeneus japonicus*

外形は楕円形（B 型）で，前角はやや発達し，前上角が発達せず，欠刻は明確でないが，個体による相違がみられる。側面形は反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（II_1型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

オジサン *Parupeneus multifasciatus*

外形は楕円形（B 型）で，前角と前上角がやや発達し，欠刻は明確である。側面形は反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，中央から後部付近で湾曲して後縁に達する（I_2型）。輪紋は表面観察で明瞭である。

28-31. チョウチョウウオ科 Chaetodontidae

ゲンロクダイ *Chaetodon modestus*

外形は長楕円形（C 型）で，前角は発達するが，前上角がやや発達せず，欠刻は不明確である。側面形は，上縁と下縁が凹面側にやや曲がる反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が上部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，僅かに湾曲して後縁付近まで認められる（II_1型）。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

28-32. キンチャクダイ科 Pomacanthidae

キンチャクダイ *Chaetodontoplus septentrionalis*

外形は楕円形（B 型）で，前角と前上角がやや発達

し，欠刻は明確である。側面形は反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が上部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（Ⅱ₁型）。輪紋は表面観察で明瞭である。

28-33. カワビシャ科 Pentacerotidae

カワビシャ *Histiopterus typus*

外形は楕円形(B 型)で，前角と前上角がやや発達し，欠刻は明確である。側面形は反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から斜め下方に延び，下縁の後部付近まで認められる（Ⅱ₂型）。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

クサカリツボダイ *Pseudopentaceros wheeleri*

外形は長めの楕円形（B 型）で，前角と前上角がやや発達し，欠刻は明確である。側面形は反り状型(a 型)である。溝は欠刻部から後方に延び，後縁が下方に僅かに曲がり，後縁付近まで認められる（Ⅱ₁型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

28-34. タカノハダイ科 Cheilodactylidae

タカノハダイ *Goniistius zonatus*

外形は前縁が尖った長楕円形（C 型）で，前角と前上角が発達し，欠刻は明確である。側面形は上縁と下縁が凹面側にやや曲がる反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，中央から後部付近で下方に湾曲して，下縁の後部に達する（Ⅰ₂型）。輪紋は表面観察で明瞭で，年齢査定は可能である。

ユウダチタカノハ *G. quadricornis*

外形は長楕円形（C 型）で，前角と前上角が発達し，欠刻は明確である。側面形は上縁と下縁が凹面側にやや曲がる強い反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，後端が下方に曲がり，下縁の後部付近まで認められる（Ⅱ₂型）。輪紋は表面観察で明瞭で，年齢査定は可能である。

28-35. アカタチ科 Cepolidae

スミツキアカタチ *Cepola schlegeli*

外形は米粒に似た楕円形（B 型）で，前角はやや発達するが，前上角が発達せず，欠刻はやや明確である。側面形は弱い反り状型（a 型）である。凹面には，肥厚状の隆起がほぼ全面にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，前部が幅広く，中央と後縁の中間付近まで認められる（B ₃型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

アカタチ *Acanthocepola krusensternii*

外形は米粒に似た楕円形（B 型）で，前角は発達するが，前上角が発達せず，欠刻はやや明確である。側面形は反り状型（a 型）である。凹面には，肥厚状の隆起がほぼ全面にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，前部は著しく幅広く，中央と後縁の中間付近まで認められる（B ₃型）。輪紋は表面観察で明瞭で，年齢査定は可能である。

28-36. カワスズメ科 Cichlidae

カワスズメ *Oreochromis mossambicus*

外形は全縁に不規則な凹凸がみられる楕円形(B 型)で，前角は発達するが，前上角が発達せず，欠刻はやや明確である。側面形は反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，後端が下方に僅かに曲がり，後縁付近まで認められる（Ⅱ₁型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

28-37. ウミタナゴ科 Embiotocidae

オキタナゴ *Neoditrema ransonneti*

外形は楕円形（B 型）で，前角と前上角が発達し，欠刻は明確であるが，個体による相違がみられる。側面形は反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が後部にみられる。溝は欠刻部から後方に伸び，後端が僅かに下方に曲がり，下縁の後部付近まで認められる（Ⅱ₁型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

ウミタナゴ *Ditrema temmincki*

外形は楕円形（B 型）で，前角と前上角はやや発達し，欠刻はやや明確である。全長55 mm の胎仔の欠刻は極めて明確である。側面形は反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，後端が下方に僅かに曲がり，後縁付近まで認められる（Ⅱ₁型）。輪紋は表面観察で明瞭で，年齢査定は可能である。

28-38. スズメダイ科 Pomacentridae

スズメダイ *Chromis notata notata*

外形は楕円形（B 型）と長楕円形（C 型）で，前角はやや発達するが，前上角があまり発達せず，欠刻はやや明確である。側面形は反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（Ⅱ₁型）。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

オヤビッチャ *Abudefduf vaigiensis*

外形は楕円形（B 型）で，前角と前上角がやや発達し，欠刻は明確である。側面形は反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，中央の後部付近で斜め下方に曲がり，後縁に達する（Ⅰ₂型）。輪紋は表面観察で明瞭である。

28-39. シマイサキ科 Teraponidae

シマイサキ *Rhyncopelates oxyrhynchus*

外形は長楕円形（C 型）で，前角と前上角が発達し，欠刻は明確であるが，個体による相違がみられる。側面形は反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められる（B_3 型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

28-40. イシダイ科 Oplegnathidae

イシダイ *Oplegnathus fasciatus*

外形は長楕円形（C 型）で，前角と前上角が発達し，欠刻は明確である。側面形は反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が前上部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，後端が下方に曲がり，後縁付近まで認められる（II_2型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

イシガキダイ *O. punctatus*

外形は長楕円形（C 型）で，前角と前上角が発達し，欠刻は明確である。側面形は反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が前上部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，後端が下方に曲がり，後縁付近まで認められる（II_2型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

28-41. イスズミ科 Kyphosidae

イスズミ *Kyphosus vaigiensis*

外形は全縁に波型凹凸がみられる長楕円形（C 型）で，前角と前上角が発達し，欠刻は明確である。側面形はやや強い反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が後部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，後端が下方に曲がり，下縁の後部付近まで認められる（II_2型）。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

28-42. カゴカキダイ科 Microcanthidae

カゴカキダイ *Microcanthus strigatus*

外形は楕円形（B 型）で，前角は発達するが，前上角があまり発達せず，欠刻はやや明確である。側面形は強い反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が上部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，後端が下方に曲がり，下縁の後部付近まで認められる（II_2型）。輪紋は表面観察で明瞭である。

28-43. メジナ科 Girellidae

メジナ *Girella punctata*

外形は主に下縁に波型凹凸がみられる楕円形（B 型）で，前角と前上角はあまり発達しないが，欠刻はやや明確である。側面形は反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が後部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，中央後部から下方に湾曲して，下縁の後部付近まで認められる（II_2型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

クロメジナ *G. leonine*

外形は主に下縁に波型凹凸がみられる楕円形（B 型）である。前角と前上角はあまり発達しないが，欠刻はメジナに比べて明確である。側面形は反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が上部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，中央後部から下方に湾曲して，下縁の後部付近まで認められる（II_2型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

スズキ亜目の耳石長比および相対耳石サイズを種間で比較する。耳石長比は1.08 ～ 3.06の範囲で，アジ科のツムブリが最も大きく，キンメダイ科のキンメダイが最も小さい。種内の体長による耳石長比の相違は，ブラックバス（サンフィシュ科），シイラ（シイラ科），マダイ（タイ科），イシダイ（イシダイ科）とクロメジナ（メジナ科）ではみられないが，スズキ（スズキ科）とアジ科のツムブリ，ブリ，マアジとカイワリでは認められ，体長が大きいグループほど耳石長比が大きい。標本魚種が比較的多い科で特徴をみると，アジ科では1.74 ～ 3.06の範囲で，体長が大きくなるに従って，耳石長比が大きくなる傾向がみられる。タイ科では1.10 ～ 2.03の範囲で，ヒレコダイ（2.03）とキダイ（1.10）以外は1.41 ～ 1.75内に集中している。ニベ科では1.26 ～ 2.50の範囲で，アジ科同様，体長が大きくなるに従って，耳石長比が大きくなる傾向がみられる。全体的にみて，キントキダイ科，アマダイ科，ホタルジャコ科（オオメハタ・ワキヤハタ），タイ科（キダイ）とニベ科（コニベ）が1.4以下で小さく，スギ科，アジ科（カンパチ・オアカムロ・オキアジ・ブリ・ツムブリ・ヒラマサ），チョウチョウウオ科とニベ科（ホンニベ）が2.4以上で大きい。

相対耳石サイズは3.90 ～ 62.63の範囲で，テンジクダイ科のマトイシモチが最も大きく，シイラ科のシイラが最も小さい。種内の体長による相対耳石サイズの相違は，シイラ（シイラ科），カイワリ（アジ科）ではみられないが，スズキ（スズキ科），ブラックバス（サンフィシュ科），アジ科のツムブリ，ブリとマアジ，マダイ（タイ科），イシダイ（イシダイ科）とクロメジナ（メジナ科）では若干認められる。魚種が比較的多い科で特徴をみると，ハタ科では22 ～ 40の範囲で，ヌノサラシ（22）とヒレグロハタ（25）とシマハタ（29）以外は32 ～ 40内に集中する。アジ科では，6 ～ 35の比較的広い範囲で，ツムブリ，ブリモドキ，ブリとヒ

ラマサが小グループ（6～10），カンパチ，シマアジ，イトヒキアジ，オキアジ，モロ，クサヤモロ，オアカモロ，マルアジ，ギンガメアジとアカアジが中グループ（16～27）とマアジ（35）が大グループの3グループに分けられる。タイ科では29～46の範囲で，キチヌとヘダイ以外は35以上を示している。ニベ科では26～45の範囲で，フウセイとホンニベ以外は40前後で大きい　全体的にみて，ホタルジャコ科のヒメスミクイウオ，ワキヤハタ，ホタルジャコ，オオメハタとテンジクダイ科のテッポウイシモチ，ネンブツダイ，テンジクダイ，マトイシモチが50以上で大きく，シイラ科，スギ科とアジ科のブリモドキとヒラマサが10以下で小さい。体長と相対耳石サイズとの関係では，全体として体長が大きくなるに従って，相対耳石サイズが小さくなる傾向がみられる。

スズキ亜目の耳石形態の特徴を整理すると，オオメハタ（ホタルジャコ科），キントキダイ（キントキダイ科）とキダイ（タイ科）が円形（A型），ギンカガミ（ギンカガミ科）が三角形（F型），ツムブリ（アジ科）が広線形（E型）で，その他の魚種は楕円形（B型）か長楕円形（C型）である。側面形は，反り状型が主体で，ワキヤハタ（ホタルジャコ科）が棒状型（b型），ヒゲダイ（イサキ科）が半広線形（c型），ニベ科（6種）が突出隆起型（d型）である。反り状型には，反り度合いの程度に強弱がみられる。凹面の隆起はほぼ半数の魚種にみられる。ニベ科（6種）では複数の瘤状突出，シロギス（キス科）とアカタチ科のスミツキアカタチ，アカタチには，肥厚がみられるが，その他の魚種では全面あるいは部分的に僅かにみられる程度である。縁辺の形状では，判別要因には成らないが，キントキダイ科，アマダイ科，ムツ科，ヒイラギ科，マツダイ科，タイ科，カワスズメ科，メジナ科等で，鋸歯状，波型等の凹凸が顕著である。溝はⅡ型が主体で，Ⅰ型とⅤ型が出現する。Ⅱ型では，Ⅱ$_1$型，Ⅱ$_2$型とB$_3$型の3つのSub-typeが現れ，Ⅱ$_1$型が46 %，下方への湾曲および溝の後端が下部に曲がり，後縁あるいは下縁の後部付近まで認められるタイプのⅡ$_2$型は33 %を占めている。A型は全体の17 %程度出現し，Ⅰ$_2$型がⅠ$_1$型より多い。E型は「おたまじゃくし」に似た特異な形状を示し，ニベ科の溝の特徴と考えられる。組み合わせコードでは，B-a-Ⅱ型（39%）が最も多く，次いでC-a-Ⅱ型（28%），C-a-Ⅰ型（10%），B-a-Ⅰ型（7%），B-d-Ⅴ型（5%）の順になる。

ニベ科の溝の形状については，「おたまじゃくし」形状の頭部(Ostium)と尾部(Cauda)に分けられるが，尾部の形状の変化から4型に分類されている（Chu *et al.*, 1963, 谷口，1981）。谷口（1981）はニベ型，シログチ型，コニベ型とキグチ型の4型に分けており，本章で取り扱ったニベ科では，コニベの形状が不明であったので，コニベ型を除いた3型に分けられる。大西洋やアメリカ太平洋産ニベ科の *Rseudotolithus senegalensis,Cynoscion regalis, Argyrosomus indorus* と *Pogonias cromis* は日本産とは属や種が異なるが，いずれも「おたまじゃくし」形状のニベ型を示している（Poinsard, 1966, Lowerre-Barbieri *et al.*, 1994, Griffiths, 1996, Campana, 2004）。このような溝の特異な形状はスズキ亜目魚類におけるニベ科の明確な特徴といえる。また，テンジクダイ科の溝域（B型）は，前半（Ostium）はかなり広いが，後半（Cauda）は急激に狭くなり，溝域全体の形状にE型との共通点がみられる。

耳石長比は1.08～3.06の範囲で，ツムブリ（アジ科）が最も大きく，キンメダイ（キンメダイ科）が最も小さい。アジ科やニベ科では，体長が大きくなるに従って，耳石長比が大きくなる傾向がみられる。相対耳石サイズは4～63の範囲で，マトイシモチ（テンジクダイ科）が最も大きく，シイラ（シイラ科）が最も小さい。全体として，体長が大きくなるに従って，相対耳石サイズが小さくなる傾向がみられる。

耳石長比と耳石相対サイズを科別（平均値）に検討すると，耳石長比では，表層回遊性のスギ科（2.78）とアジ科（2.35），沿岸（岩礁）性のチョウチョウウオ科（2.42）とシマイサキ科（2.31）が2.3以上で大きく，浅海底層性のキントキダイ科（1.23），アマダイ科（1.25），ホタルジャコ科（1.45）と沿岸岩礁性のテンジクダイ科（1.45）が1.5以下で小さい。体長との関係では全体的にみて，体長が大きくなるに従って，耳石長比がやや大きくなるが明確でない。耳石相対サイズでは，沿岸岩礁性のテンジクダイ科（63）が著しく大きく，沖合表層性のシイラ科（5），スギ科（8），シマガツオ科（10）が小さい。体長との関係では全体的にみて，体長が大きくなるに従って，耳石相対サイズが小さくなる傾向が認められる。属間や属内の種の判別では，アジ科のブリ類（ツムブリ属，ブリ属）とアジ類（マアジ属，ムロアジ属等）では，耳石長比の平均値が2.77と2.25，耳石相対サイズの平均値が11と22で，比較的明確な相違がみられる。マアジ（マアジ属）は耳石相対サイズが33で，他のアジ科に比べて大きい。ニベ科は，耳石長比ではホンニベ（2.50）とその他のニベ科（1.26～1.86），耳石相対サイズではフウセイ（26）とその他のニベ科（35～45）に相違がみられる。キントキダイ科のチカメキントキとキントキダイ，ヒイラギ科のヒイラギとオキヒイラギ，スズ

Table 2-13. Sample used for otolith measuement (Perciforms 2)

Family Japanese name	Scientific name	Abbreviation	Size category	Sample size	Mean total length	Range	Otolith length (mm)	Otolith width (mm)	Otolith area index	Length: height ratio	Relative otolith size	Code of external-side-sulcus forms		
Leiognathidae														
Hiiragi	*Leiognathus nuchalis*	Ln		9	125	110-133	2.80	1.38	3.09	2.03	22.55	B,C	a	I_1
Okihiiragi	*L. rivulatus*	Lv		4	71	60-82	2.74	1.81	6.99	1.53	38.40	B	a	II_1
Bramidae														
Shimagatsuo	*Brama japonica*	Bj		21	484	430-555	4.93	2.25	2.29	2.21	9.90	C	a	II_3
Manzaiuo	*Taractes asper*	Ta		1	467	467	4.65	2.15	2.14	2.16	9.95	C	a	I_2
Lutjanidae														
Hachibiki	*Erythrocles schlegelii*	Es		1	628	628	11.70	5.40	10.06	2.17	18.63	C	a	II_2
Yokosujifuedai	*Lutjanus kasmira*	Lk		11	181	103-263	8.15	4.27	19.23	1.90	45.27	B	a	II_2
Himefuedai	*L. gibbus*	Lg		1	364	364	9.40	5.40	13.95	1.74	25.82	B	a	II_2
Hamadai	*Etelis coruscans*	Ec		1	414	414	11.10	5.30	14.21	2.09	26.81	C	a	II_2
Caesionidae														
Kumasasahanamuro	*Pterocaesio tile*	Pt		4	237	226-243	6.40	3.50	9.45	1.83	26.93	B	a	II_1
Lobotidae														
Matsudai	*Lobotes surinamensis*	Ls		4	323	244-520	9.08	4.80	13.49	1.89	29.03	B	a	I_2, II_2
Haemulidae														
Higesoridai	*Hapalogenys nitens*	Hn		4	175	161-190	6.65	3.96	15.05	1.68	38.01	B	a	II_2
Higedai	*H. nigripinnis*	Hg		1	180	180	6.90	3.85	14.76	1.79	38.33	B	c	II_1
Setodai	*H. mucronatus*	Hm		5	183	128-223	7.15	4.63	18.09	1.54	40.25	B	a	II_2
Isaki	*Parapristipoma trilineatum*	Pr		16	264	146-350	8.99	4.96	16.89	1.81	34.62	B	a	II_2
Korodai	*Diagramma pictum*	Dp		1	489	489	14.05	7.75	22.27	1.81	28.73	B	a	II_2
Kosyoudai	*Plectorhinchus cinctus*	Pc		11	230	153-320	7.11	3.40	10.51	2.09	31.18	C	a	II_2
Nemipteridae														
Itoyoridai	*Nemipterus virgatus*	Nv		9	162	95-265	5.59	3.62	12.49	1.55	35.11	B	a	II_2
Tamagasira	*Parascolopsis inermis*	Pi		3	212	198-226	7.23	3.10	10.57	2.33	34.04	C	a	II_2
Sparidae														
Hedai	*Sparus sarba*	Ss		2	197	143-250	5.50	3.63	10.13	1.54	28.58	B	a	II_1
Kurodai	*Acanthopagrus schlegelii*	As		5	156	106-200	5.58	3.59	12.84	1.65	37.09	B	a	II_1
Kichinu	*A. latus*	Al		2	181	166-196	5.43	3.10	9.30	1.75	30.02	B	a	II_1
Madai	*Pagrus major*	Pm	Small	7	161		6.90	4.53	19.41	1.52	36.78	B	a	II_1
		Pm	Large	4	320		10.35	6.49	20.99	1.59	32.41			
Chidai	*Evynnis tumifrons*	Ej		15	174	131-275	7.30	5.17	21.69	1.41	42.20	B	a	II_1
Hirekodai	*E. cardinalis*	Ec		10	167	119-192	6.54	3.22	12.61	2.03	39.52	C	a	II_1
Kidai	*Dentex tumifrons*	Dt		6	157	97-180	7.08	6.45	29.09	1.10	46.16	A	a	II_1
Lethrinidae														
Itofuefuki	*Lethrinus genivittatus*	Lf		1	77	77	3.00	1.60	6.23	1.88	38.96	B	a	II_1
Hamafuefuki	*L. nebulosus*	Ln		1	398	398	10.70	6.80	18.28	1.57	26.88	B	a	II_2
Shimofurifuefuki	*L. lentjan*	Ll		1	358	358	11.50	8.40	26 98	1.37	32.12	B	a	II_2
Sciaenidae														
Konibe	*Johnius grypotus*	Jg		2	157	154-159	6.99	5.57	24.80	1.26	44.64	B	d	nd
Koichi	*Nibea albiflora*	Na		3	256	206-352	9.90	6.07	23.47	1.62	39.26	B	d	V
Nibe	*N. mitsukurii*	Nm		5	178	202-248	7.59	5.11	21.79	1.46	42.82	B	d	V
Shiroguchi	*Pennahia argentata*	Pa		10	223	177-277	8.92	6.28	25.12	1.42	40.16	B	d	V
Hon-nibe	*Miichthys miiuy*	Mm		3	388	360-405	13.40	5.37	18.55	2.50	34.51	C	d	V
Kiguchi	*Larimichthys polyactis*	Lp		5	274	258-303	9.94	5.74	20.82	1.73	36.29	B	d	V
Fusei	*L. crocea*	Lc		2	372	306-437	9.53	5.10	13.07	1.86	25.50	B	d	V
Sillaginidae														
Hoshigisu	*Sillago aeolus*	Sa		2	258	257-258	11.25	6.10	26.60	1.85	43.69	B	a	II_1
Shirogisu	*Sillago japonica*	Sj		5	167	117-246	6.52	3.88	15.15	1.67	39.40	B	a	II_1
Mullidae														
Himeji	*Upeneus bensasi*	Uj		10	133	105-152	3.40	2.04	5.22	1.66	25.61	B	a	II_1
Ojisan	*Parupeneus multifasciatus*	Po		1	237	237	3.35	2.00	2.83	1.68	14.13	B	a	I_2
Chaetodontidae														
Genrokudai	*Chaetodon modestus*	Cm		2	105	100-110	4.00	1.65	6.29	2.42	38.13	C	a	II_1
Pomacanthidae									#DIV/0!					
Kinchakudai	*Chaetodontoplus septentrionalis*	Cs		3	118	98-131	5.13	3.40	14.78	1.52	44.29	B	a	II_1
Pentacerotidae														
Kawabisya	*Histiopterus typus*	Ht		2	218	185-250	5.95	4.20	11.46	1.42	27.45	B	a	II_2
Kusakaritsubodai	*Pseudopentaceros wheeleri*	Pw		4	320	286-386	9.61	4.88	14.66	1.98	30.10	B	a	II_1
Cheilodactylidae														
Takanohadai	*Goniistius zonatus*	Gz		7	388	352-419	6.34	2.88	4.71	2.23	16.28	C	a	I_2
Yuudachitakanoha	*G. quadricornis*	Gq		9	304	267-354	5.73	2.56	4.83	2.26	18.77	C	a	II_2
Cepolidae														
Sumitsukiakatachi	*Cepola schlegeli*	Cg		5	281	173-358	4.47	2.39	3.80	1.88	16.51	B	a	II_2
Akatachi	*Acanthocepola krusensternii*	Ak		1	251	251	4.25	2.30	3.89	1.85	16.93	B	a	II_2
Cichlidae														
Kawasuzume	*Oreochromis mossambicus*	Om		1	203	203	6.80	4.80	16.08	1.42	33.49	B	a	II_1
Embiotocidae														
Okitanago	*Neoditrema ransonneti*	Nr		19	139	94-201	4.65	2.64	8.83	1.76	33.94	B	a	II_1
Umitanago	*Ditrema temmincki*	Dt		15	172	129-225	5.26	2.95	9.02	1.77	30.06	B	a	II_1
Pomacentridae														
Suzumedai	*Chromis notata notata*	Cn		3	132	55-134	6.25	3.02	14.30	2.08	47.45	B,C	a	II_1
Oyabiccha	*Abudefduf vaigiensis*	Av		2	171	106-236	4.53	3.00	7.95	1.59	26.18	B,C	a	I_2
Teraponidae														
Shimaisaki	*Rhyncopelates oxyrhynchus*	Ro		9	200	148-231	5.81	2.59	7.52	2.31	28.95	C	a	II_3
Oplegnathidae														
Ishidai	*Oplegnathus fasciatus*	Of	Small	7	175		4.19	2.26	5.41	2.10	24.57	C	a	II_2
		Of	Large	1	368	368	7.90	3.50	7.51	2.26	21.46	C	a	II_2
Ishigakidai	*O. punctatus*	Op		1	166	166	4.10	1.85	4.57	2.22	24.69	C	a	II_2
Kyphosidae														
Isuzumi	*Kyphosus vaigiensis*	Kv		7	195	141-232	4.68	2.20	5.28	2.19	24.42	C	a	II_2
Scorpididae														
Kagokakidai	*Microcanthus strigatus*	Ms		4	190	172-231	6.51	3.95	13.53	1.65	34.45	B	a	II_2
Girellidae														
Mejina	*Girella punctata*	Gp		7	182	155-245	4.08	2.47	5.54	1.65	22.51	B	a	II_2
Kuromejina	*G. leonine*	Gl	Small	3	137		3.28	1.97	4.72	1.67	23.97	B	a	II_2
		Gl	Large	1	252	252	4.90	2.90	5.64	1.61	19.44			

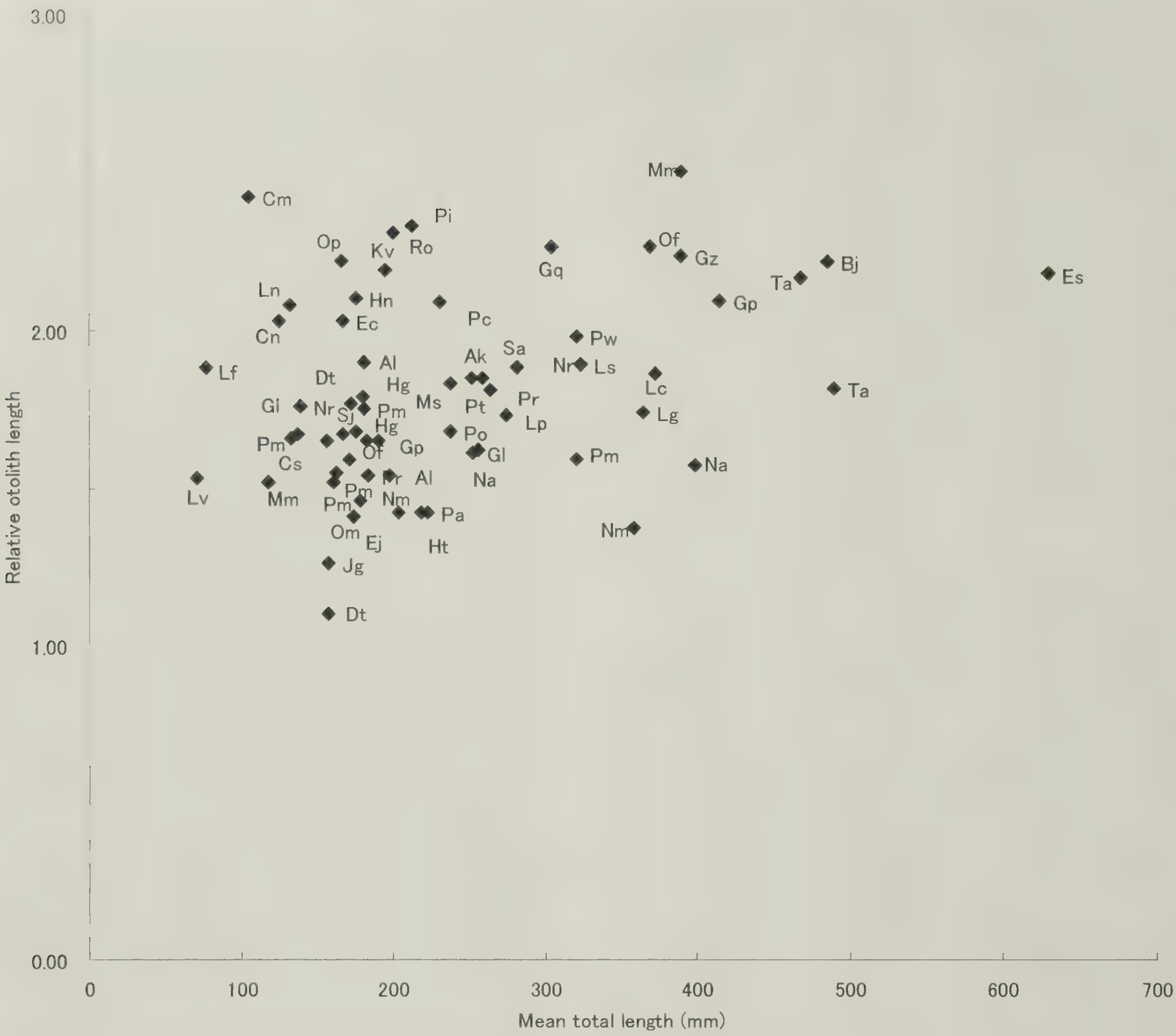


Fig. 2–27. Relation of otolith length:height ratio to total length (Perciforms 2). Abbreviations see table 2–13.

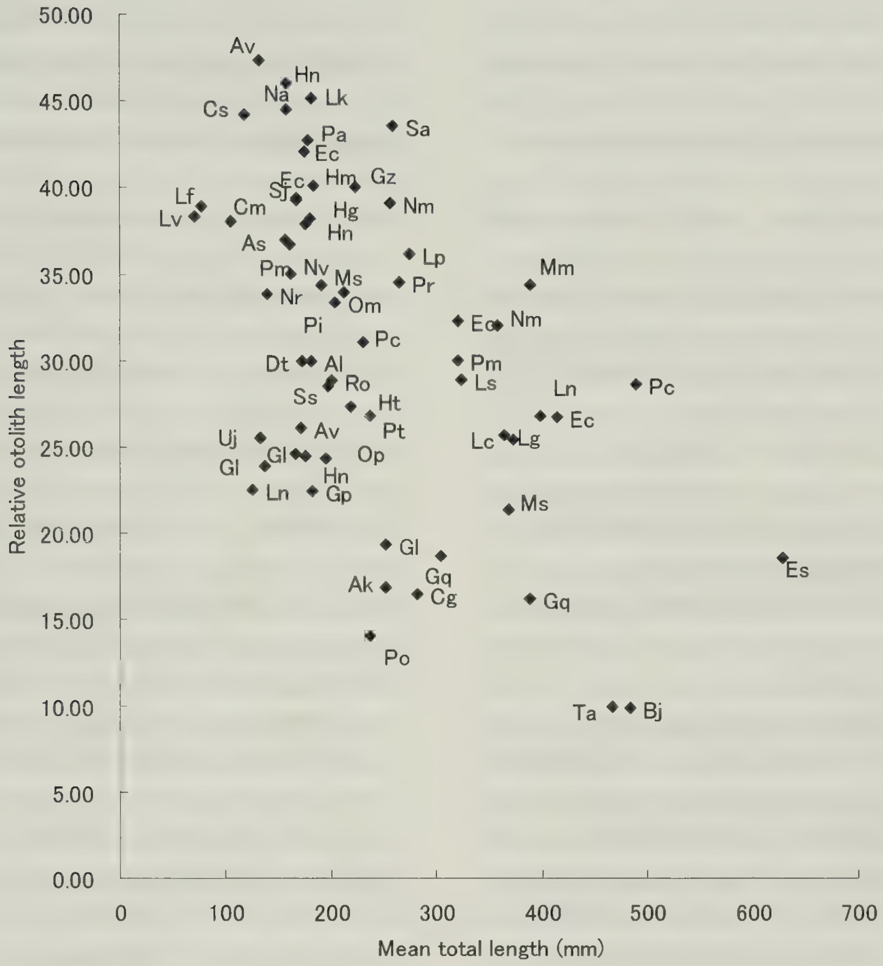


Fig. 2-28. Relation of otolith size index to total length (Perciforms 2). Abbreviations see table 2-13.

メダイ科のスズメダイとオヤビッチャでは，耳石長比と相対耳石サイズに相違が認められ，科としての類似性がみられない。亜目全体としてみると，耳石長比では，1.23～2.78の範囲で，スギ科が最も大きく，キントキダイ科が最も小さい。全体の平均値は1.83で，0.2毎の頻度分布では，1.61～1.80台（33％）と1.81～2.00台（24％）が主体で，やや右すその長い組成を示している。耳石相対サイズでは，5～60の範囲で，テンジクダイ科が最も大きく，シイラ科が最も小さい。全体の平均値は30で，10毎の頻度分布では，31～40台（41％）と21～30台（26％）が主体の組成を示している。

29. スズキ目（Perciformes）・スズキ亜目以外（Tables 2-13, 2-14, Figs. 2-29, 2-30, 2-31, 2-32, 2-33）

日本産スズキ目魚類は科数と種数からみて，スズキ亜目（68科）とその他の16亜目（57科）に大別され，その他の16亜目の種数はスズキ目全種（1,920種）の過半数を占めている。

スズキ亜目以外の16亜目は57科1,073種で，ハゼ亜目の一部，ゴクラクギョ科とタイワンドジョウ科の内水面魚類を除き，日本周辺の汽水域から深海域に生息するが，産業的に価値がある特定の魚種以外は，生態的特徴は殆ど解明されていない。魚種数が比較的多い科はベラ科（ベラ亜目），ゲンゲ科（ゲンゲ亜目），イソギンポ科（ギンポ亜目）とハゼ科（ハゼ亜目）で，それらの殆どが比較的浅海に生息し，岩礁域やその周辺域を生活の場としている。有用種はベラ亜目のベラ科とブダイ科，ワニギス亜目のハタハタ科とイカナゴ科，カジキ亜目のマカジキ科とメカジキ科，サバ亜目のタチウオ科とサバ科で，マカジキ科，メカジキ科とサバ科は回遊性の浮魚類である。また，イカナゴ科のイカナゴ，サバ科のマサバとカツオは多獲性魚類，サバ科のクロマグロ，メバチ，キハダ等のマグロ類やカジキ類は中高級魚として産業上の重要種である。

耳石の形態，年齢に関する研究はサバ科，タチウオ科，イカナゴ科，ハタハタ科等を対象に，比較的多く行われている。

形態に関する研究については，耳石外形，溝の形状等の特徴の研究と系群判別，耳石化石等に関する報告に分けて述べる。形状の特徴に関する研究は，複数科魚類の研究では日本産のツバメコノシロ科1種，カマス科3種，ワニギス科2種，ベラ科7種，ブダイ科2種，クロタチカマス科4種，サバ科4種，タチウオ科2種，ニザダイ科3種，アイゴ科2種，イボダイ科2種，エボシダイ科1種，マナガツオ科1種，ハゼ科15種，オオカミウオ科1種，トラギス科6種，ニシキギンポ科1種，タウエガジ科4種，ミシマオコゼ科3種，ゲンゲ科6種の外形，側面形，溝の形状等の特徴（Ohe, 1985），南極周辺海域のゲンゲ科1種，Bovichthyidae 科1種，Nototheniidae 科19種，Harpagiferidae 科10種，Bathydraconidae 科8種，Channichthyidae 科11種，クロタチカマス科1種，タチウオ科2種，Centrolophidae 科1種の外形と溝の形状（Hecht, 1987），日本産のクロタチカマス科1種，タチウオ科1種，サバ科9種の耳石外形と耳石長と体長との関係（中村, 1994）に関する報告がある。また，北西大西洋のイカナゴ科1種，オオカミウオ科1種，ネズッポ科1種，イボダイ科1種，クロボウズ科1種，ハダカオオカミウオ科1種，クロタチカマス科2種，ベラ科2種，ニシキギンポ科1種，サバ科12種，タウエガジ科5種，マナガツオ科1種，タチウオ科2種，メカジキ科2種，ゲンゲ科10種，Caristiidae 科1種，Pomatomidae 科1種について，凹凸両面の写真画像が提示されている（Campana, 2004）。さらに，南アフリカ周辺海域のツバメコノシロ科3種，ベラ科34種，ブダイ科10種，ゲンゲ科3種，クロボウズギス科2種，ミシマオコゼ科1種，ホカケトラギス科2種，ヘビギンポ科2種，アサヒギンポ科22種，イソギンポ科15種，イカナゴ科1種，ネズッポ科3種，ハゼ科16種，アイゴ科3種，ニザダイ科18種，クロタチカマス科4種，タチウオ科3種，サバ科14種，マカジキ科1種，メカジキ科1種，マナガツオ科6種，エボシダイ科7種，ドクウロコイボダイ科1種について，写真画像とともに形態の詳細な記載が示されている（Malcolm *et al.*, 1995）。

単一科魚類の研究では，瀬戸内海のサワラの耳石外形，溝の形状等の特徴（松島，1958），東太平洋のサバ科魚類9種の耳石平面（凹凸面）の特徴（Fitch and Craig, 1964），関東近海のマサバの耳石輪紋の性状（近藤・黒田，1966），カリフォルニア近海のサバ科8種の外形と溝の形状（Fitch and Schult, 1978），フロリダ海域のマカジキ科のバショウカジキとクロカジキ属の耳石外形（Radtke and Dean, 1981, Radtke *et al.*, 1982），北西大西洋のメカジキ（Radte and Hurley, 1983），オーストラリア近海のミナミマグロの耳石形状（Kalish *et al.*, 1996）に関する報告がある。また，地中海のイカナゴ科2種の耳石形状（Forest, 1951），カリフォルニア海域のタチウオ科の *Benthodesmus elongatus* の耳石外形（Anderson *et al.*, 1974），ゲンゲ科の *Maynea californica* の耳石形状（Cailliet and Lea, 1977），有明海のムツゴロウの耳石形状（塚本ら，1983），カリフォルニア海域のタウエガジ科の *Ernogrammus walker* の耳石形状（Follett

and Powell, 1988)，カリブ海のハゼ科2種の耳石外形，溝の形状の特徴と溝域の割合の変化（Arellano *et al.*, 1995)，台湾海域のボウズハゼの耳石外形と側面形（Shen and Tzeng, 2002）に関する研究報告がある。

系群に関する研究では，大西洋サバの耳石の形態特徴による系群判別（Castonguay *et al.*, 1991)，耳石輪紋長の解析による系群判別（Dawson, 1991）に関する報告がある。耳石化石に関する研究では，ドイツ北部のハゼ科（Campbell, 1929)，静岡県掛川市と神奈川県北部のハゼ科とゲンゲ科（大江，1983, 1991)，カリフォルニア沿岸部のイボダイ科，ベラ科，ゲンゲ科，カマス科，ハゼ科，タウエガジ科（Fitch, 1964, 1966, 1967ab, 1968）とコケギンポ科およびサバ科（Huddleston and Barker, 1978）の耳石形状に関する報告がある。また，多獲性魚類のイカナゴやサバ類は有用種であると共に，サメ類，アシカ，オットセイ類やイルカ類等の魚食性動物の重要な餌生物になっており，捕食動物の胃内に残存する耳石から種の識別やそのサイズが推定され，食性研究の精度向上に役立っている（Pascoe, 1986, Antonelis, Jr. *et al.*, 1984, Brown and Mate, 1983, Tollit *et al.*, 1997, Mckinnon, 1994)。

年齢に関する研究では，サバ科が最も多く，タチウオ科，イカナゴ科，ハタハタ科が比較的多い。これらの科では，大部分の種が耳石の表面観察で年齢査定が行われている。

サバ科では，サバ属はカリフォルニア近海の *Pneumatophorus diego*（Fitch, 1951)，米国北西大西洋の *Scomber scombrus*（Steven, 1952)，新潟県近海と対馬海峡のマサバ（岡地ら，1958)，関東近海のマサバ（吉原，1955,)，東北海域のマサバ（飯塚，1967)，韓国近海のマサバ（Ann, 1971, Hwang, 1999)，カリブ海の *Pneumatophorus aponicus*（Rodr guez-Roda, 1982)，高知県沖のゴマサバ（木村ら，2002, 梨田ら，2003）に関する研究報告がある。サワラ属では，瀬戸内海のサワラ（浜田・岩井，1967)，米国メキシコ湾と大西洋岸の *Scomberomorus cavall* と *S. maculates*（Johnson *et al.*, 1983, Fabul, Jr. *et al.*, 1987, Collins *et al.*, 1988, Schmidt *et al.*, 1993)，大西洋トリニダート・リコ海域の *Scomberomorus cavalla*（Sturm and Salter, 1989)，東シナ海・黄海のサワラ（濱崎，1993）に関する研究報告がある。ハガツオ属では，*Sarda chiliensis*,（Campbell and Collins, 1975)，マグロ属では，カナダ大西洋岸のクロマグロ（Hurley and Iles 1983)，オーストラリア南西海域のミナミマグロ（Thorogood, 1987, Kalish *et al.*, 1996）に関する研究報告がある。また，メバチやミナミマグロでは，日周輪の観察と計測から年齢が推定されている（Itou and Tsuji, 1996, 加藤，2002)。

タチウオ科は国内での研究が多く，東シナ海・黄海のタチウオ（三栖，1958, 1964, 浜田，1972, 三尾ら，1975)，駿河湾のタチウオ（小坂ら，1967)，紀伊水道のタチウオ（阪本，1976)，大阪湾のタチウオ（林，1978)，熊野灘のタチウオ（鈴木・木村，1980)，若狭湾のタチウオ（宗清・桑原，1988, 宗清，1991)，対馬近海のタチウオ（花渕，1989)，鹿島灘のタチウオ（富永，1994)，鹿児島湾のタチウオ（Ei-Haweet and Ozawa, 1996)，高知県および豊後水道のタチウオ（桝川，1997)，南シナ海の *Trichiurus* spp（Kwok and Ni, 2000）に関する報告がある。イカナゴ科では，北海道周辺海域のイカナゴ（北片，1957，北浜，1968)，英国沿岸の *Ammodytes tobianus*（Reay, 1972)，仙台湾および周辺海域のイカナゴ（Hatanaka and Okamoto, 1950, 児玉，1980, 鶴田・大関，1991, 小林ら，1995, 松本・根本，1998)，日本周辺海域のイカナゴ（橋本，1991)，北西大西洋グランドバンクの *Ammodytes dubius*（Winters, 1981)，アラスカ湾の *Ammodytes hexapterus*（Robards *et al.*, 2002）に関する研究報告がある。ハタハタ科では，秋田県沿岸のハタハタ（古賀，1933, 加藤・大内，1956)，新潟県沿岸のハタハタ（三尾，1967)，日本海のハタハタ（大内，1958)，北海道周辺沿岸のハタハタ（小林，1979）に関する研究報告がある。

その他の科魚類では，マナガツオ科，ハゼ科とニシキギンポ科が耳石の表面観察，ミシマオコゼ科，メカジキ科，ブダイ科，ニザダイ科とカマス科が薄片法で，イボダイ科，マカジキ科，Batrachoidae 科と Notothenidae 科が表面観察と薄片法の両法で年齢査定が行われている。ミシマオコゼ科では，東シナ海・黄海のアオミシマ（Mio, 1966)，ニシキギンポ科では，米国北西大西洋岸の *Pholis gunnellus*（Sawyer, 1967)，イボダイ科では，紀伊水道のイボダイ（阪本・鈴木，1974)，ニュージーランド近海の *Hyperoglyphe Antarctica*（Horn, 1988)，メカジキ科では，北西大西洋のメカジキ（Radtke and Hurley, 1983)，Batrachoidae 科では，米国大西洋岸の *Opsanus tau*（Wilson *et al.*, 1982, Radtke *et al.*, 1985)，Notothenidae 科では，南極海の *Notothenia rossii*, *N. gibberifrons*, *Dissostichus mawsoni* と *Chaenocephalus aceratus*（Schneppenheim and Freytag, 1980, North *et al.*, 1980, Burchett *et al.*, 1984, Coggan *et al.*, 1990)，マカジキ科では，大西洋バハマ近海の *Istiophorus platypterus* と *Makaira nigricans*（Prince *et al.*, 1987, Wilson *et al.*, 1991）に関する研究報告がある。また，マナガツオ科では，

周防灘のマナガツオ（林，1995），ブダイ科では，オーストラリア東岸のグレートバーリア・リーフの *Scarus schlegeli*（Lou, 1992），*Chloruras* 属 1 種と *Scarus* 属 5 種（Chot *et al.*, 1996），ニザダイ科では，オーストラリア東岸のグレートバーリア・リーフの *Acanthurus nigrofuscus*（Hart and Russ, 1996），*Acanthurus lineatus*, *A. olivaceus*, *Ctenochaetus striatus*, *Zebrasoma scopes*, *Naso brevirostris*, *N. hexacanthus*, *N. tuberosus*, *N. unicornis*, *N. vlamingii* と *Prionurus maculatus* の 5 属10種（Choat *et al.*, 1996），カマス科では，鹿児島湾のアカカマス（増田ら，2003），ハゼ科では，仙台湾河口域のマハゼ（片山ら，2000）に関する研究報告がある。

本研究において耳石を採取した標本魚は，イボダイ亜目が 5 科 8 種，ベラ亜目が 2 科10種，ゲンゲ亜目が 4 科22種，ワニギス亜目が 6 科 7 種，ギンポ亜目が 1 科 1 種，イレズミコンニャクアジ亜目が 1 科 1 種，ネズッポ亜目が 1 科 8 種，ハゼ亜目が 2 科27種，ニザダイ亜目が 2 科 2 種，カジキ亜目が 2 科 3 種，サバ亜目が 4 科22種の合計11亜目30科111種である。

29-1．イボダイ亜目 Stromateoidei・イボダイ科 Centrolophidae

メダイ *Hyperoglyphe japonica*

外形は長楕円形（C 型）で，前角は発達し，前上角はあまり発達しないが，欠刻は明確である。側面形は反り状（a 型）である。溝は細いが隆起が強く，欠刻部から後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められる（II_3型）。輪紋は表面観察で明瞭である。

イボダイ *Psenopsis anomala*

外形は楕円形（B 型）で，前角と前上角はあまり発達しないが，欠刻はやや明確である。側面形は弱い反り状型である（a 型）。凹面には，弱い隆起が中央部にみられる。溝はやや深いが細く，欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（II_1型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

29-2．イボダイ亜目 Stromateoidei・マナガツオ科 Storomateidae

マナガツオ *Pampus punctatissimus*

外形は長楕円形（C 型）で，前角は発達するが，前上角はあまり発達せず，欠刻はやや明確である。側面形は薄く，弱い反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（II_1型）。輪紋は表面観察で明瞭である。

シナマナガツオ *P. chinensis*

外形は長楕円形（C 型）で，前角は発達するが，前上角はあまり発達せず，欠刻はやや明確である。側面形は弱い反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（II_1型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

29-3．イボダイ亜目 Stromateoidei・エボシダイ科 Nomeidae

スジハナビラウオ *Psenes cyanophrys*

外形は卵形の楕円形（B 型）で，前角と前上角は発達せず欠刻は不明確である。側面形は弱い反り状型(a 型）である。溝は細く，欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（II_1型）。輪紋は，表面観察ではやや不明瞭である。

ボウズコンニャク *Cubiceps squamiceps*

外形は短めの長楕円形（C 型）で，前角はやや発達するが，前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は反り状型（a 型）である。溝は欠刻部からやや斜め下方に延び，後端で下方に曲がり，後縁付近まで認められる（II_2型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

29-4．イボダイ亜目 Stromateoidei・オオメダイ科 Ariommatidae

マルイボダイ *Ariomma indica*

外形は楕円形（B 型）で，前角と前上角が発達し，欠刻は大きく明確である。側面形は反り状型（a 型）である。溝の隆起は比較的顕著で，欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（II_1型）。輪紋は表面観察で明瞭である。

29-5．イボダイ亜目 Stromateoidei・ドクウロコイボダイ科 Tetragonuridae

ドクウロコイボダイ *Tetraganurus cuvieri*

外形は「茄子」に似た楕円形（B 型）で，前角と前上角が発達し，欠刻は明確である。側面形は反り状型である（A 型）。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（II_1型）。輪紋は表面観察で明瞭である。

29-6．ベラ亜目 Labroidei・ベラ科 Labridae

イラ *Choerodon azurio*

外形は楕円形（B 型）で，前角と前上角はあまり発達しないが，欠刻はやや明確である。側面形は反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が中央部にみられる。溝はやや広く，欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（II_1型）。溝の形状

はⅡ₁型が主体であるが，長さの短いⅡ₃型や後縁に達するⅠ₁型も出現する。輪紋は，表面観察ではやや不明瞭である。

シロクラベラ *C. shoenleinii*

外形は後部が細くなる楕円形（B 型）で，前角と前上角はやや発達し，欠刻は明確である。側面形は反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，後端で下方に僅かに曲がり後縁に達する（Ⅰ₁型）。輪紋は，表面観察ではやや不明瞭である。

コブダイ *Semicossyphus reticulatus*

外形は楕円形（B 型）で，前角と前上角は発達し，欠刻は明確であるが，個体による相違が見られる。側面形は反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が中央部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められる（Ⅱ₃型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

オハグロベラ *Pteragogus aurigarius*

外形はやや長めの楕円形（B 型）で，前角と前上角はあまり発達せず，欠刻はやや明確である。側面形は反り状型（a 型）である。溝は細く不明瞭であるが，欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（Ⅱ₁型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

ホシササノハベラ *Pseudolabrus sieboldi*

外形は長楕円形（C 型）で，前角と前上角は発達し，欠刻は明確である。側面形は反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁に達する（Ⅰ₁型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

イトベラ *Suezichthys gracilis*

外形は楕円形（B 型）で，前角と前上角があまり発達せず，欠刻はやや明確である。側面形は反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められる（Ⅱ₃型）。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

キュウセン *Halichoeres poecilopterus*

外形は楕円形（B 型）で，前角はと前上角はやや発達し，欠刻は明確である。側面形は反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，後端が広く後縁付近まで認められる（Ⅱ₁型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

ホンベラ *H. tenuispinnis*

外形は楕円形（B 型）で，前角と前上角はあまり発達しないが，欠刻はやや明確である。近縁のキュウセンとよく似た外形である。側面形は反り状型（a 型）である。溝の隆起は比較的顕著で，欠刻部から後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められる（Ⅱ₃型）。輪紋は，表面観察ではやや不明瞭である。

29-7．ベラ亜目 Labroidei・ブダイ科 Scaridae

ハゲブダイ *Chlorurus sordidus*

外形は楕円形（B 型）で，前角はやや発達するが，前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は反り状型（a 型）である。溝は幅広く，欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁に達する（Ⅰ₁型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

アオブダイ *Scarus ovifrons*

外形はやや三角状の楕円形（B 型）で，前角と前上角はあまり発達しないが，欠刻はやや明確である。側面形は反り状型（a 型）である。溝は幅広く，欠刻部から後方に延び，中央部で細く，後部で再び広くなり後縁に達する（Ⅰ₁型）。輪紋は，表面観察ではやや不明瞭である。

29-8．ゲンゲ亜目 Zoarcoidei・ゲンゲ科 Zoarcidae

コウライガジ *Zoarces gilli*

外形は楕円形（B 型）で，前角は発達するが，前上角はあまり発達せず，欠刻やや明確である。側面形は弱い反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，後端が下方に僅かに曲がり，中央と後縁の中間付近まで認められる（Ⅱ₃型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

ヨコスジクロゲンゲ *Lycodes hubbsi*

外形は楕円形（B 型）で，前角と前上角はやや発達し，欠刻は明確であるが，個体による相違がみられる。側面形は半広線形型（C 型）か，棒状型（b 型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（Ⅱ₁型）。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

イレズミガジ *L. caudimaculatus*

外形は楕円形（B 型）で，前角と前上角はあまり発達せず，欠刻はやや明確である。側面形は弱い反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められる（Ⅱ₃型）。輪紋は，表面観察ではやや不明瞭である。

クロガジ *L. soldatovi*

外形は楕円形（B 型）で，前角は発達するが，前上角はあまり発達せず，欠刻はやや明確であるが，個体による相違がみられる。側面形は半広線形（c 型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められる（Ⅱ₃型）。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

ヨコシマガジ *L. macrolepis*

外形は楕円形（B 型）で，前角と前上角は明確でなく，

欠刻は認められない。側面形は半広線形(c型)である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝の形状は不明である。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

ワイジゲンゲ *L. ygreknotatus*

外形は楕円形（B型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は半広線形(c型)である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝の形状は不明である。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

コグチヘビゲンゲ *L. brevimaxillaris*

外形は三角形に近い楕円形（B型）で，前角は発達するが，上前角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は棒状型（b型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は浅く，欠刻部から後方に延び，後端が下方に曲がり，下縁の後部付近まで認められる（II_2型)。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

シロブチヘビゲンゲ *L. albomaculata*

外形は凹凸がある三角形（F型）で，前角の発達がヘビゲンゲ属では最も著しく，欠刻は明確である。側面形は棒状型（b型）である。凹面には，弱い隆起が全面にみられる。溝は浅く，欠刻部から後方に延び，中央と後縁との中間付近まで認められる（II_3型)。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

サラサガジ *Davidijordania poecilimon*

外形は楕円形（B型）で，前角と前上角はやや発達し，欠刻は明確である。側面形は不明である。溝は欠刻部から後方に延び，後端が下方に曲がり，後縁に達する（I_2型)。輪紋は表面観察で明瞭である。

シロゲンゲ *Bothrocara molle*

外形は前縁に凹凸がみられる円形（A型）で，前角がやや発達し，欠刻は不明確である。側面形は半広線形（c型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は前部から後部に長方形状に認められる（Ⅳ型)。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

カンテンゲンゲ *B. tanakae*

外形は凹凸のある円形（A型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確である。近縁のシロゲンゲとの明瞭な差異は認められない。側面形は半広線形(c型）である。凹面には，弱い隆起が下部にみられる。溝は前部から後部に長方形状に認められる（D型)。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

カムチャッカゲンゲ *Bothrocarina microcephala*

外形は縦長楕円形（Ⅰ型）で，前角と上前角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は半広線形（c型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝の形状は不明である。輪紋は，表面観察ではやや不明瞭であった。

29-9．ゲンゲ亜目 Zoarcoidei・タウエガジ科 (Stichaeidae)

フサギンポ *Chirolophis japonicus*

外形は楕円形（B型）で，前角と前上角は発達し，欠刻は明確である。側面形は弱い反り状型（a型）である。溝は欠刻部から後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められる（II_3型)。輪紋は表面観察で明瞭である。

ネズミギンポ *Lumpenella longirostris*

外形は楕円形（B型）で，前角はやや発達するが，上前角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は棒状型（b型）である。溝はやや広く，欠刻部から中央付近まで認められる（Ⅲ型)。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

ゴマギンポ *Stichaeopsis nana*

外形は長楕円形（C型）で，前角と前上角はやや発達し,欠刻はやや明確である。側面形は弱い反り状型(a型）である。溝の形状は不明である。輪紋は表面観察で明瞭である。

ナガヅカ *Stichaeus grigorjewi*

外形は長楕円形（C型）で,前角はやや発達するが,前上角はあまり発達せず，欠刻はやや明確である。側面形は弱い反り状型（a型）である。溝は欠刻部から後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められる（II_3型)。輪紋は，表面観察ではやや不明瞭である。

タウエガジ *S. nozawai*

外形は長楕円形（C型）で，前角は発達するが，前上角は発達せず，欠刻はやや不明確である。側面形は反り状型(a型)である。溝は欠刻部から後方に延び，後端が下方に僅かに曲がり，後縁付近まで認められる（II_1型)。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

ダイナンギンポ *Dictysoma burgeri*

外形は長楕円形（C型）と楕円形（B型）で，前角と前上角はあまり発達しないが，欠刻はやや明確である。側面形は反り状型（a型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は浅く，欠刻部から後方に延び，ほほ真直ぐに後縁付近まで認められる（II_1型)。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

ムスジガジ *Ernogrammus hexagrammus*

外形は長楕円形（C型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は弱い反り状型（a型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は欠刻部から中央付近まで認められる(Ⅲ型)。輪紋は，表面観察ではやや不明瞭である。

29-10. ゲンゲ亜目 Zoarcoidei・ニシキギンポ科 Pholidae

ギンポ *Pholis nebulosa*

外形は楕円形(B型)で,前角と前上角はやや発達し,欠刻はやや明確である。側面形は棒状型（b型）である。溝は欠刻部から後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められる（II_3型)。輪紋は，薄片法で明瞭であり，年齢査定が可能である。

タケギンポ *P. crassispina*

外形はやや長めの楕円形（B型）で，前角と前上角はやや発達し,欠刻は明確である。側面形は棒状型（b型）である。溝は欠刻部から後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められる（II_3型)。輪紋は，薄片法で明瞭であり，年齢査定が可能である。

29-11. ゲンゲ亜目 Zoarcoidei・ボウズギンポ科 Zaproridae

ボウズギンポ *Zaprora silenus*

外形は円形に近い楕円形（B型）で，前角と前上角は僅かに発達し，欠刻はやや明確である。側面形は棒状型（b型）である。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる(II_1型)。輪紋は,表面観察でやや明瞭である。外形と輪紋には，個体による変異がみられる。

29-12. ワニギス亜目 Trachinoidei・ハタハタ科 Trichodontidae

ハタハタ *Arctoscopus japonicus*

外形は楕円形（B型）で，前角と前上角は発達し，欠刻は大きく明確である。側面形は弱い反り状型（a型）か，棒状型（b型）である。凹面には，弱い隆起が下部にみられる。溝は浅く，欠刻部から中央付近まで認められる（Ⅲ型)。輪紋は，表面観察ではやや不明瞭である。

29-13. ワニギス亜目 Trachinoidei・トラギス科 Pinguipedidae

クラカケトラギス *Parapercis sexfasciata*

外形は細長い三角形（F型）で，前角と前上角は発達せず,欠刻は不明確である。側面形は反り状型(a型)である。凹面には，弱い隆起が中央から後部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，後端がやや広くなり後縁付近まで認められる（II_1型)。溝の長さには，個体による相違がみられる。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

オキトラギス *P. multifasciata*

外形は細長い三角形（F型）で，前角はやや発達するが，前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は反り状型（a型）である。凹面には，弱い隆起が下部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，後端が下方に僅かに曲がり，後縁付近まで認められる（II_1型)。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

29-14. ワニギス亜目 Trachinoidei・ホカケトラギス科 Percophidae

アイトラギス *Bembrops caudimacula*

外形は楕円形（B型）で,前角と前上角は発達せず,欠刻は不明確である。側面形は半広線形(c型)である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる(II_1型)。輪紋は,表面観察ではやや不明瞭である。

29-15. ワニギス亜目 Trachinoidei・ワニギス科 Champsodontidae

ワニギス *Champsodon snyderi*

外形は楕円形（B型）で，前角はやや発達するが，前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は弱い反り状型(a型)である。溝は欠刻部から後方に延び,後端が下方に僅かに曲がり，後縁付近まで認められる(II_1型)。輪紋は,表面観察では不明瞭である。外形,輪紋や溝の形状には個体による相違がみられる。

29-16. ワニギス亜目 Trachinoidei・イカナゴ科 Ammodytidae

イカナゴ *Ammodytes personatus*

外形は長楕円形（C型）で，前角は発達するが，前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は反り状型（a型)。溝は欠刻部から後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められる（II_3型)。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

29-17. ワニギス亜目 Trachinoidei・ミシマオコゼ科 Uranoscopidae

ミシマオコゼ *Uranoscopus japonicus*

外形は貝殻状の長楕円形（C型）で，前角は発達するが，前上角はあまり発達せず，欠刻はやや明確であるが，外形と欠刻は個体による相違がある。側面形は弱い反り状型（a型）である。溝は浅く，欠刻部から中央付近まで認められる（Ⅲ型)。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

29-18. ギンポ亜目 Blennioidei・イソギンポ科 Blenniidae

イソギンポ *Parablennius yatabei*

外形は楕円形（B 型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻はやや不明確である。側面形は不明である。溝の形状は不明である。輪紋は，表面観察でやや明瞭である

29-19. イレズミコンニャクアジ亜目 Icosteoidei・イレズミコンニャクアジ科 Icosteidae

イレズミコンニャクアジ *Icosteus aenigmaticus*

外形はやや凹凸がみられる円形（A 型）で，前角と前上角は明確でないが，欠刻は明確である。側面形は半広線型（c 型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は欠刻部から僅かに湾曲して後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められる（Ⅱ$_3$型）。輪紋は，表面観察ではやや不明瞭である。

29-20. ネズッポ亜目 Callionymoidei・ネズッポ科 Callionymidae

ベニテグリ *Foetorepus altivelis*

外形は凹みのある三角形（F 型）で，前角と前上角がやや発達して，欠刻はやや明確である。側面形は反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が上，下部にみられる。溝の隆起は強く，欠刻部から後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められる（Ⅱ$_3$型）。輪紋は，表面観察ではやや不明瞭である。

ハナビヌメリ *Paradiplogrammus enneactis*

外形は卵形の楕円形（B 型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻は明確でない。側面形は反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められる（Ⅱ$_3$型）。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

ヨメゴチ *Calliurichthys japonicus*

外形はやや丸みがある三角形（F 型）。欠刻は明確であるが，前角と前上角は発達しないので小さい。側面形は弱い反り状型（a 型）か，棒状型（b 型）である。凹面には，弱い隆起が長軸部にみられる。溝は欠刻部から中央付近まで認められる（Ⅲ型）。個体によっては，中央に達しないものや溝の隆起が強いものがある。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

ヤリヌメリ *Repomucenus huguenini*

外形はやや丸みがある三角形（F 型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は弱い反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は欠刻部から僅かに湾曲して後方に延び，後縁付近まで認められる（Ⅱ$_1$型）。輪紋は，表面の観察では不明瞭である。

ホロヌメリ *R. virgis*

外形は三角形に似た楕円形（B 型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確である。ネズッポ属では，最も丸みを帯びた外形である。側面形は反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から中央付近まで認められる（Ⅲ型）。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

ハタタテヌメリ *R. valenciennei*

外形は上縁に凹凸がある三角形（F 型）で，前角はやや発達するが，前上角が発達せず，欠刻は不明確である。側面形は弱い反り状型（a 型）である。溝は浅く，欠刻部から後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められる（Ⅱ$_3$型）。輪紋は，表面観察でもやや明瞭であるが，薄片法で年齢査定が可能である。

ネズミゴチ *R. curvicornis*

外形は，上縁が丸みを持つ三角形（F 型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は弱い反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が下部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（Ⅱ$_1$型）。溝の長さや隆起には，個体による相違がみられる。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

トビヌメリ *R. beniteguri*

外形はほぼ正常な三角形（F 型）で，前角はやや発達するが，前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，中央の後部付近で上方に僅かに曲がり，中央と後縁の中間付近まで認められる（Ⅱ$_3$型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

29-21. ハゼ亜目 Gobioidei・ドンコ科 Odontobutidae

ドンコ *Odontobutis obscura*

外形は上縁から下縁に波型の凹凸がみられる正方形（G 型）で，前角と前上角はあまり発達しないが，欠刻はやや明確である。側面形は弱い反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が下部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（Ⅱ$_1$型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

29-22. ハゼ亜目 Gobioidei・ハゼ科 Gobiidae

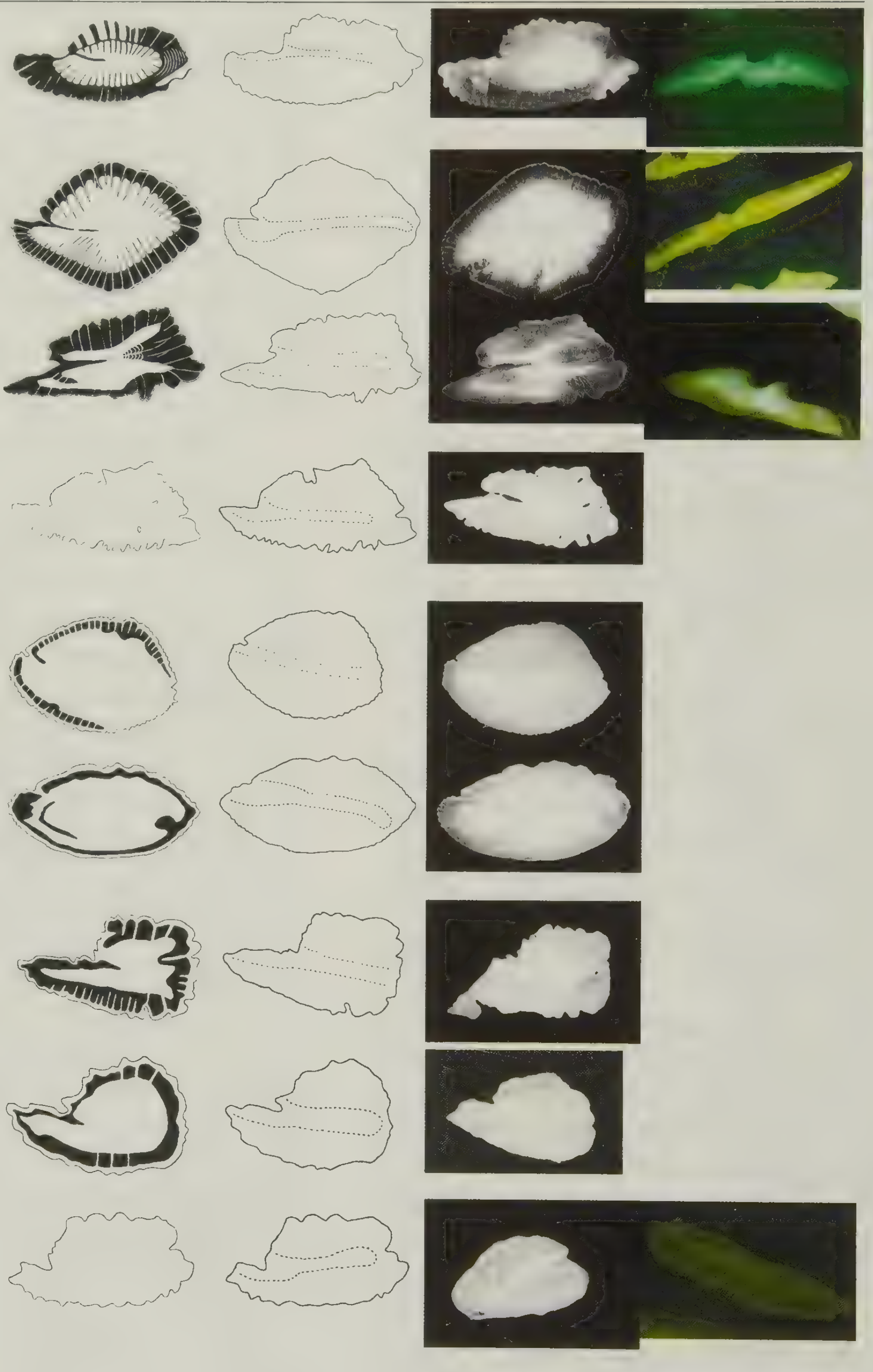
アカウオ *Ctenotrypauchen microcephalus*

外形は石塊状の不定形（Ⅰ型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は弱い反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が後部にみられる。溝の形状は不明である。輪紋は，表面観察でや

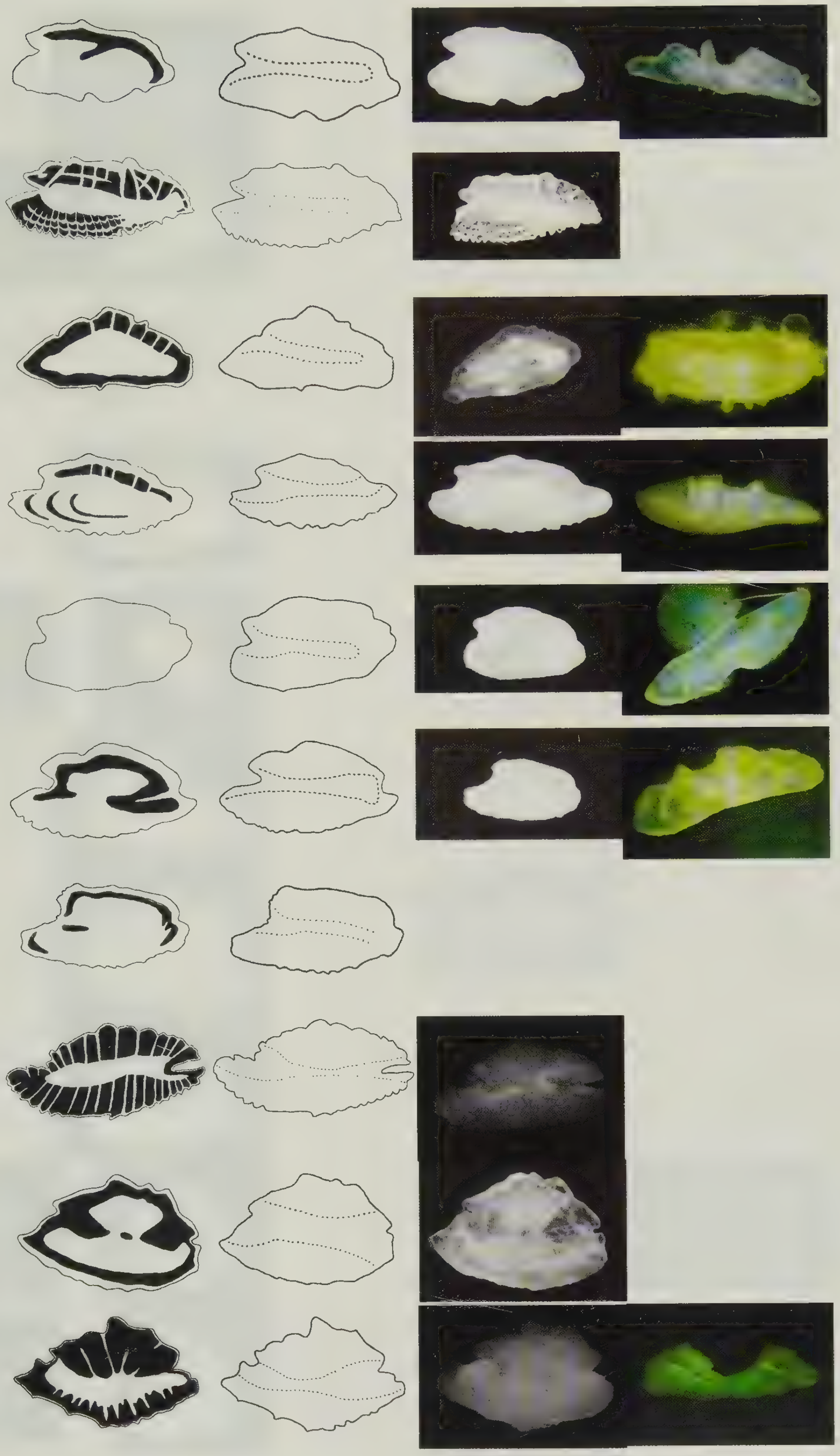
Table 2-14. Samole list used for otolith measuerement (Perciforms 3)

Family	Japanese name	Scientific name	Abbre-viation	Size category	Sample size	Mean total length	Range	Otolith length (mm)	Otolith width (mm)	Otolith area index	Length: height ratio	Relative otolith size	Code of external-side-sulcus forms		
Centrolophidae															
	Medai	*Hyperoglyphe japonica*	Hj		4	418	162-702	9.81	4.31	10.12	2.21	24.30	C	a	II$_3$
	Ibodai	*Psenopsis anomala*	Pa	Small	3	114		7.33	5.30	34.08	1.38	64.18	B	a	II$_1$
			Pa	Large	5	201		8.69	6.09	26.33	1.42	43.51			
Stromateidae															
	Managatsuo	*Pampus punctatissimus*	Pp		4	264	245-286	6.70	3.15	7.99	2.14	25.44	C	a	II$_1$
	Shinamanagatsuo	*P. chinensis*	Pc		1	297	297	6.90	3.20	7.43	2.16	23.23	C	a	II$_1$
Nomeidae															
	Sujihahabirauo	*Psens cyanophrys*	Py		1	196	196	8.05	5.30	21.77	1.52	41.07	B	a	II$_1$
	Bouzuconnyaku	*Cubiceps squamiceps*	Cs	Small	2	193		7.53	3.65	14.24	2.07	39.27	C	a	II$_2$
			Cs	Large	2	427		17.15	8.75	35.14	1.96	40.17			
Ariommatidae															
	Maruibodai	*Ariomma indica*	Ai		1	206	206	6.50	3.80	11.99	1.71	25.00	B	a	II$_1$
Tetragonuridae															
	Dokuurokoibodai	*Tetraganurus cuvieri*	Tc		2	354	346-362	3.65	2.08	2.14	1.76	10.31	B	a	II$_1$
Labridae															
	Ira	*Choerodon azurio*	Ca		8	183	143-204	4.18	2.45	5.60	1.71	22.82	B	a	II$_1$
	Shirokurabera	C. shoenleinii	Cs		1	274	274	4.35	2.43	3.86	1.79	15.87	B	a	I$_1$
	Kobudai	*Semicossyphus reticulatus*	Sr		3	343	297-370	5.15	2.40	3.60	2.14	15.02	C	a	II$_3$
	Ohagurobera	*Pteragogus aurigarius*	Po		4	183	174-258	3.71	1.94	3.93	1.92	20.35	B	a	II$_1$
	Hoshisasanohabera	*Pseudolabrus sieboldi*	Ps		8	171	162-196	4.45	1.92	5.00	2.25	25.24	C	a	I$_1$
	Itobera	*Suezichthys gracilis*	Sg		1	136	136	2.70	1.60	3.18	1.69	19.85	B	a	II$_3$
	Kyusen	*Halichoeres poecilopterus*	Hp		17	189	123-228	2.83	1.67	2.50	1.69	15.15	B	a	II$_1$
	Honbera	*H. tenuispinnis*	Ht		2	121	115-117	2.40	1.30	2.58	1.85	19.73	B	a	II$_3$
	Meganemochinouo	*Cheilinus undulates*	Cu		1	357	357	6.45	3.12	5.64	2.07	18.07	C	a	I$_1$
Scaridae															
	Hagebudai	*Chlorurus sordidus*	Ch		1	274	274	5.20	3.20	6.07	1.63	18.97	B	a	I$_1$
	Aobudai	*Scarus ovifrons*	So		1	294	294	5.71	3.55	6.89	1.61	19.42	B	a	I$_1$
Zoarcidae															
	Kouraigaji	*Zoarces gilli*	Zg		1	414	414	2.30	1.65	0.92	1.40	5.55	B	a	II$_3$
	Yokosujikurogenge	*Lycodes hubbsi*	Lh		4	293	235-327	6.18	3.95	8.33	1.56	21.35	B	b,c	II$_1$
	Irezumigaji	*L. caudimaculatus*	Lc		1	235	235	5.00	3.20	6.81	1.56	21.27	B	a	II$_3$
	Kurogaji	*L. soldatovi*	Ls		3	595	574-627	8.16	4.80	6.58	1.71	13.74	B	c	II$_3$
	Yokoshimagaji	*L. macrolepis*	Lm		1	596	596	6.60	4.30	4.76	1.53	11.07	B	c	nd
	Waijigenge	*L. ygreknotatus*	Ly		1	351	351	5.40	3.60	5.54	1.50	15.38	B	c	nd
	Koguchihebigenge	*Lycenchelys brevimaxillaris*	Lb		1	110		2.33	1.77	3.75	1.32	21.18	B	b,c	II$_2$
	Shirobuchihebigeng	*L. Albomaculata*	La		1	417		4.90	3.00	3.53	1.63	11.75	F	b,c	II$_3$
	Sarasagaji	*Davidijordana poecilimon*	Dp		2	130	128-131	2.00	1.10	1.69	1.82	15.44	B	nd	I$_2$
	Shirogenge	*Bothrocara molle*	Bm		1	322	322	3.95	3.40	4.17	1.16	12.26	A	c	IV
	Kantengenge	*B. tanakae*	Bt		6	500	275-616	4.05	3.04	2.46	1.11	8.27	A	c	IV
	Kamuchakkagenge	*Bothrocarina microcephala*	Bp		2	263	259-266	1.35	1.58	0.81	0.85	5.13	A	c	nd
Stichaeidae															
	Fusaginpo	*Chirolophis japonicus*	Cj		7	314	242-364	3.12	1.58	1.57	1.87	9.94	B	a	II$_3$
	Nezumiginpo	*Lumpenella longirostris*	Ll		1	298		3.90	2.55	3.34	1.53	13.08	B	b	III
	Gomaginpo	*Stichaeopsis nana*	Sn		1	78		1.65	0.70	1.48	2.35	21.15	C	a	iv
	Nagazuka	*Stichaeus grigorjewi*	Sg		6	463	422-498	7.32	3.07	4.85	2.39	15.86	C	a	II$_3$
	Tauegaji	*S. nozawai*	Sn		3	379	360-418	7.90	3.22	6.71	2.45	21.06	C	a	II$_1$
	Dainanginpo	*Dictyosoma burgeri*	Db		3	252	178-301	2.47	1.26	1.24	1.96	9.84	B,C	a	II$_1$
	Musujigaji	*Ernogrammus hexagrammus*	Eh		1	95	95	2.83	1.10	3.28	2.57	29.78	C	a	III
Pholidae															
	Ginpo	*Pholis nebulosa*	Pn		10	247	224-265	1.71	1.04	0.72	1.65	6.82	B	b	II$_3$
	Takeginpo	*P. crassispina*	Pt		1	154	154	1.57	0.80	0.82	1.96	10.19	B	b	II$_3$
Zaproridae															
	Bouzuginpo	*Zaprora silenus*	Zs		3	569	296-782	3.06	2.59	1.39	1.21	5.40	B	b	II$_1$
Trichodontidae															
	Hatahata	*Arctoscopus japonicus*	Aj		12	192	175-213	6.14	4.34	13.88	1.45	31.97	B	a,b	III
Pinguipedidae															
	Kurakaketoragisu	*Parapercis sexfasciata*	Pk		9	132	101-159	4.26	1.86	6.00	2.30	32.14	F	a	II$_1$
	Okitoragisu	*P. multifasciata*	Pm		5	149	109-184	4.83	1.90	6.16	2.55	32.68	F	a	II$_1$
Percophidae															
	Aitoragisu	*Bembrops caudimacula*	Bc		1	126	126	3.40	2.15	5.80	1.58	26.98	B	c	II$_1$
Champsodontidae															
	Wanigisu	*Champsodon snyderi*	Cw		6	94	72-123	2.16	1.29	2.96	1.66	23.24	B	a	II$_1$
Ammodytidae															
	Ikanago	*Ammodytes personatus*	Ap		10	208	165-235	3.46	1.63	2.71	2.12	16.59	C	a	II$_3$
Uranoscopidae															
	Mishimaokoze	*Uranoscopus japonicus*	Uj		9	213	125-302	8.00	3.83	14.38	2.10	38.72	C	a	III
Blenniidae															
	Isoginpo	*Parablennius yatabei*	Pi		1	62	62	1.45	0.85	1.99	1.71	23.38	B	nd	iv
Icosteidae															
	Irezumikonnyakuag	*Icosteus aenigmaticus*	Ia		2	1353	1010-169:	2.08	1.83	0.28	1.13	1.56	A	c	II$_3$
Callionymidae															
	Beniteguri	*Foetorepus altivelis*	Fa		5	268	238-287	4.51	2.26	3.80	1.97	16.83	B	a	II$_3$
	Hanabinumeri	*Paradiplogrammus enneactis*	Pe		1	74	74	4.20	2.65	15.04	1.58	56.75	B	a	II$_3$
	Yomegochi	*Calliurichthys japonicus*	Cj		3	297	186-358	2.70	1.28	1.16	2.12	9.13	F	a,b	III
	Yarinumeri	*Repomucenus huguenini*	Rh	Small	2	94		2.35	1.08	2.70	2.19	25.04	F	a	II$_1$
			Rh	Large	2	259		2.85	1.18	1.30	2.39	10.89			
	Horonumeri	*R. virgis*	Rv		3	82	81-84	1.75	1.00	2.13	1.75	21.34	B	a	III
	Hatatatenumeri	*R. valenciennei*	Ra		3	74	61-95	1.78	0.93	2.24	1.92	24.32	F	a	II$_3$
	Nezumigochi	*R. richardsonii*	Rc		10	229	203-272	3.71	1.68	2.72	2.21	16.56	F	a	II$_1$
	Tobinumeri	*R. beniteguri*	Rb		1	51	51	1.51	0.80	2.37	1.88	29.60	F	a	II$_3$
Odontobutidae															
	Donko	*Odontobutis odscura*	Oo		2	163	146-179	3.83	3.48	8.18	1.10	23.57	G	a	II$_1$

Fig. 2-29. Illustrations of otolith external form and sulcus, and photographs of otolith external face under reflected light and burnt otolith section under UV light (Perciforms 2).



Japanese name Scientific name	Surface view	Sulcus	Otolith external face under reflected light	Burnt otolith section under UV light
Medai *Hyperoglyphe japonica*				
Ibodai *Psenopsis anomala*				
Managatsuo *Pampus punctatissimus*				
Shinamanagatsuo *P. chinensis*				
Sujihahabirauo *Psens cyanophrys*				
Bouzuconnyaku *Cubiceps squamiceps*				
Maruibodai *Ariomma indica*				
Doku-urokoibodai *Tetraganurus cuvieri*				
Ira *Choerodon azurio*				



Shirokurabera
C. shoenleinii

Kobudai
Semicossyphus reticulatus

Ohagurobera
Pteragogus aurigarius

Hoshisasanohabera
Pseudolabrus sieboldi

Itobera
Suezichthys gracilis

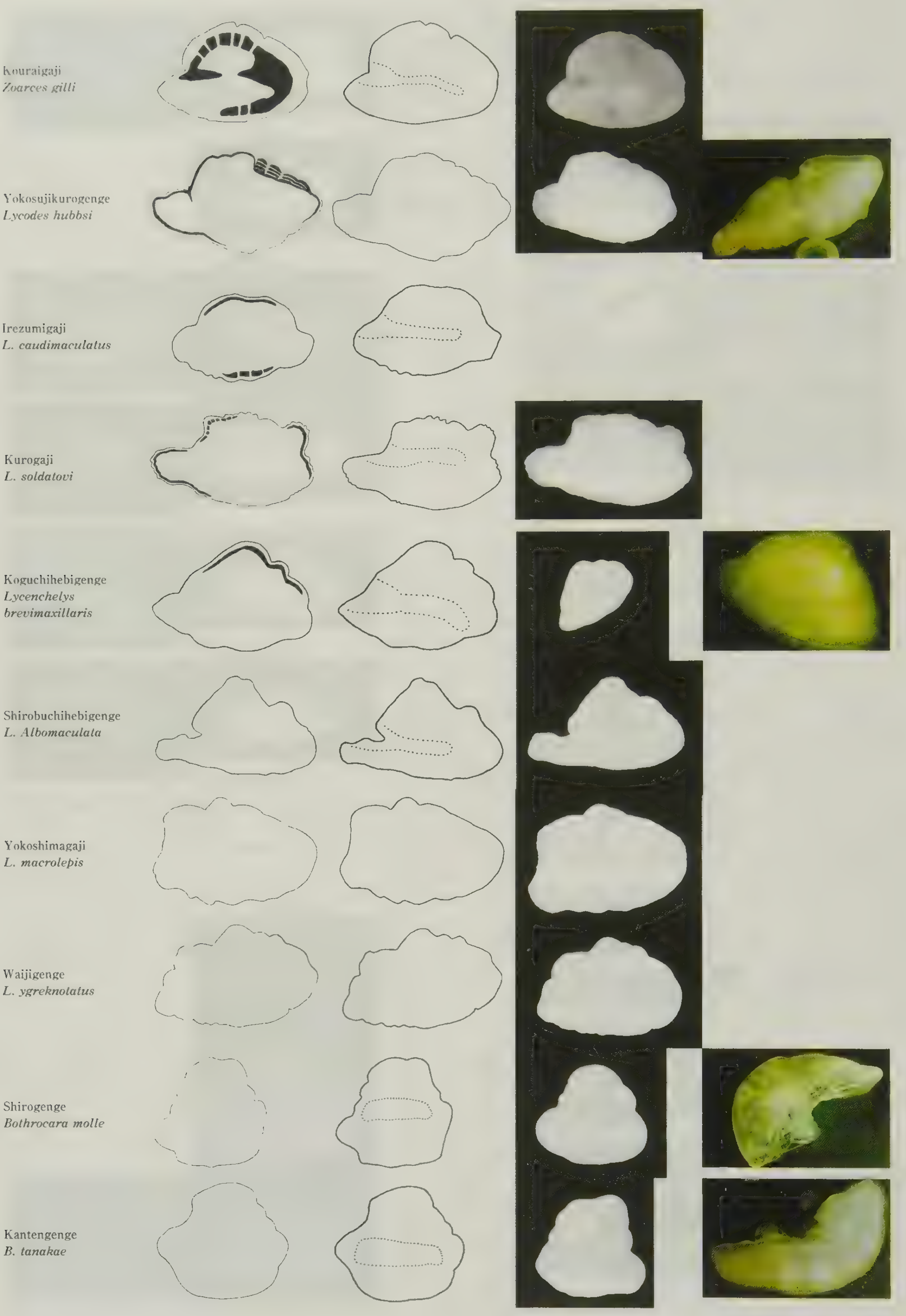
Kyusen
Halichoeres poecilopterus

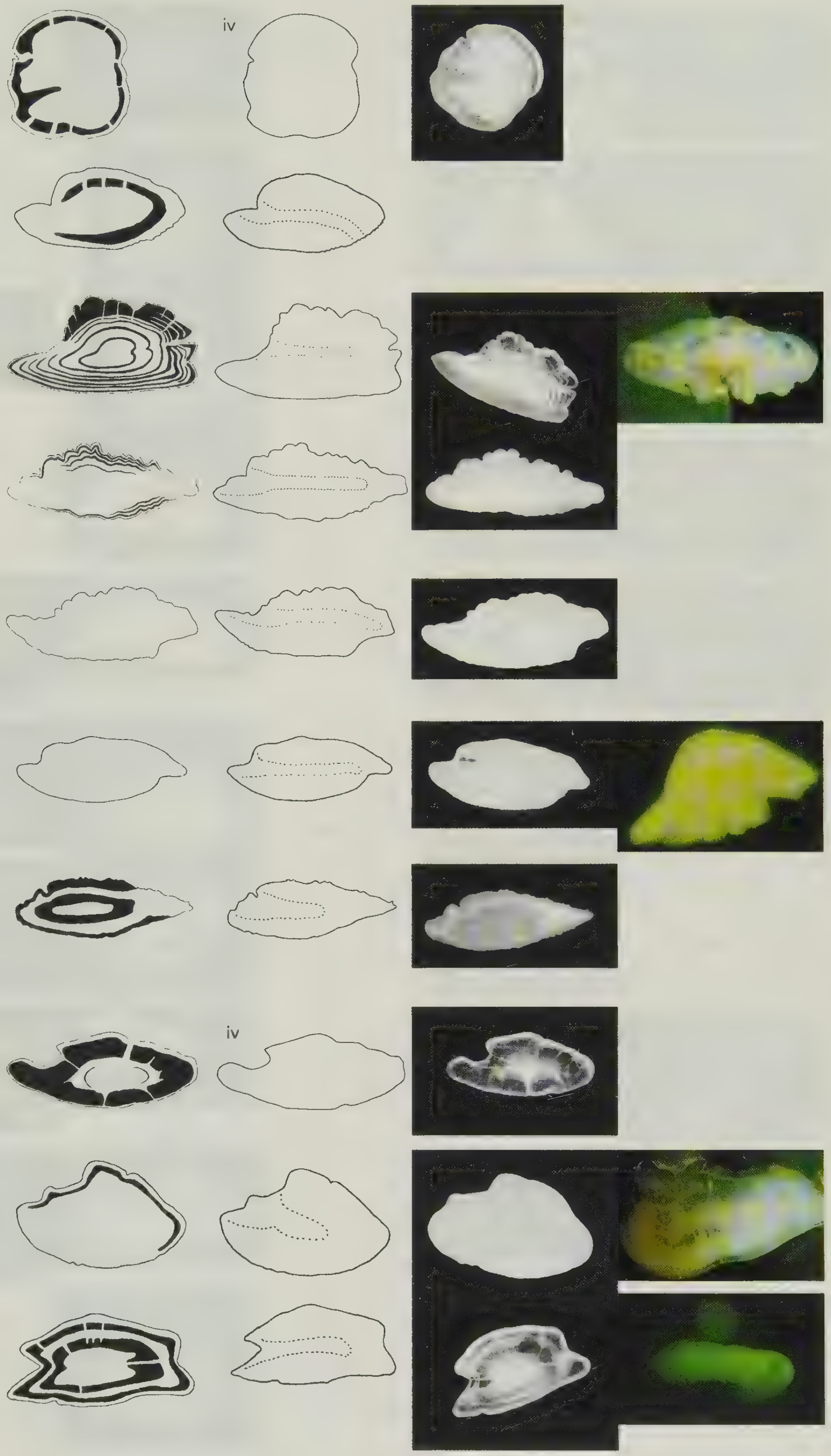
Honbera
H. tenuispinnis

Meganemochinouo
Cheilinus unbulates

Hagebudai
Chlorurus sordidus

Aobudai
Scarus ovifrons


Kouraigaji
Zoarces gilli
Yokosujikurogenge
Lycodes hubbsi
Irezumigaji
L. caudimaculatus
Kurogaji
L. soldatovi
Koguchihebigenge
Lycenchelys brevimaxillaris
Shirobuchihebigenge
L. Albomaculata
Yokoshimagaji
L. macrolepis
Waijigenge
L. ygreknotatus
Shirogenge
Bothrocara molle
Kantengenge
B. tanakae



Kamuchakkagenge
Bothrocarina
microcephala

Sarasagaji
Davidijordana
poecilimon

Fusaginpo
Chirolophis
japonicus

Nagazuka
Stichaeus grigorjewi

Tauegaji
S. nozawai

Dainanginpo
Dictyosoma burgeri

Musujigaji
Ernogrammus
hexagrammus

Gomaginpo
Stichaeopsis nana

Nezumiginpo
Lumpenella
longirostris

Ginpo
Pholis nebulosa

Takeginpo
P. crassispina

Bouzuginpo
Zaprora silenus

Hatahata
Arctoscopus japonicus

Kurakaketoragisu
Parapercis sexfasciata

Okitoragisu
P. multifasciata

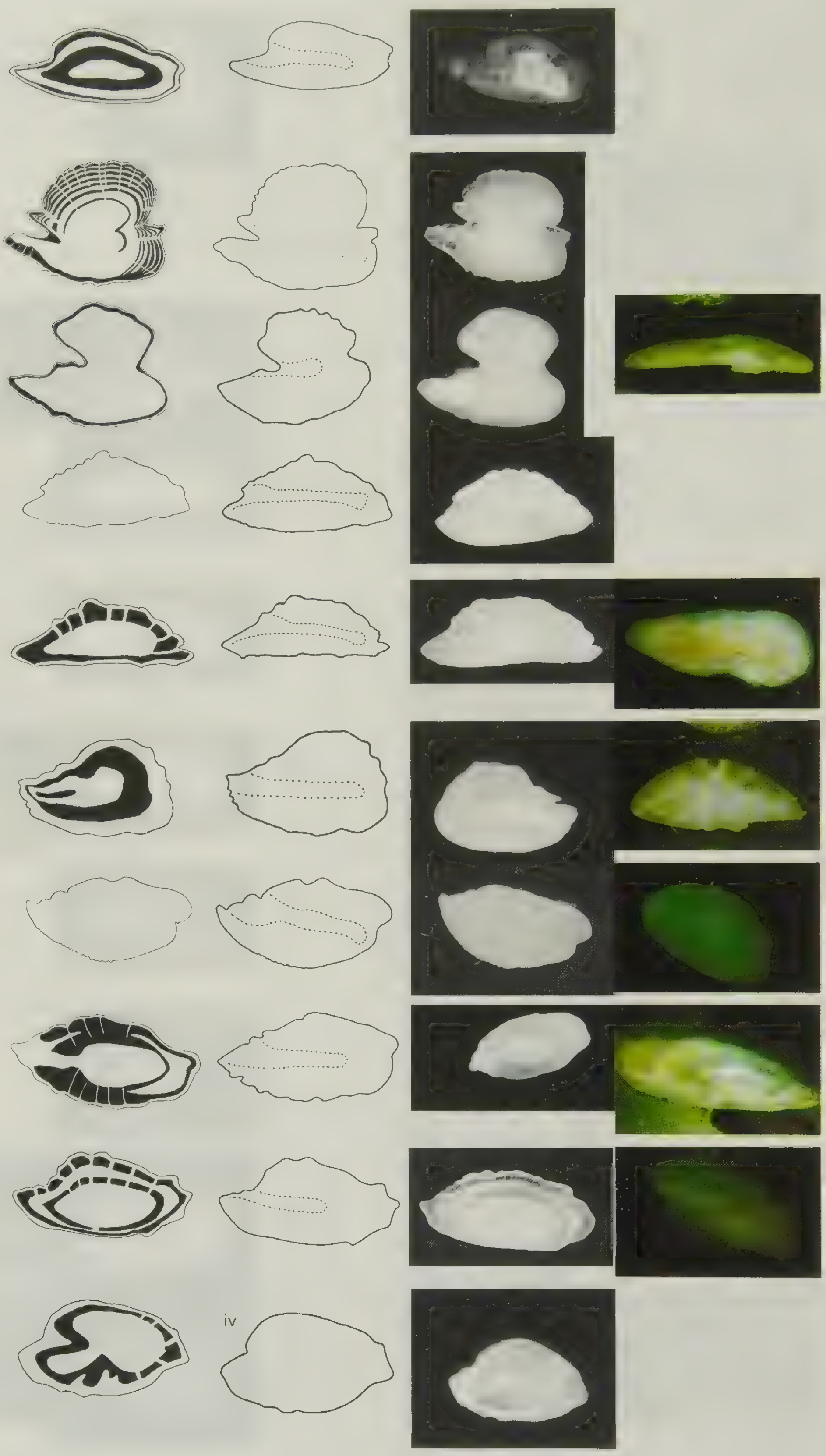
Aitoragisu
Bembrops caudimacula

Wanigisu
Champsodon snyderi

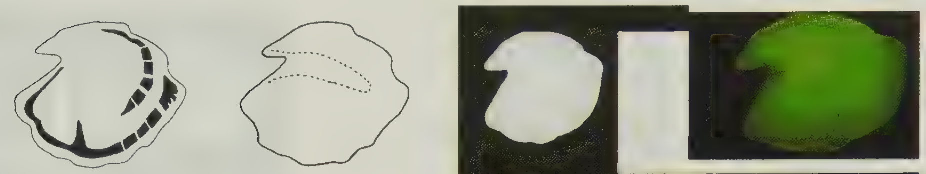
Ikanago
Ammodytes personatus

Mishimaokoze
Uranoscopus japonicus

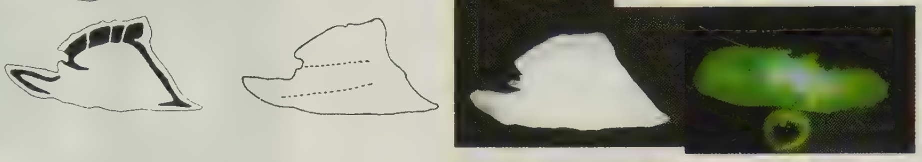
Isoginpo
Parablennius yatabei



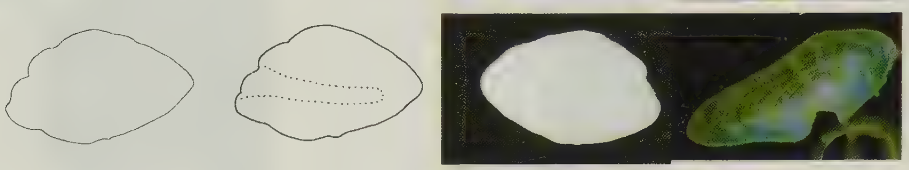
Irezumikonnyakuagi
Icosteus aenigmaticus



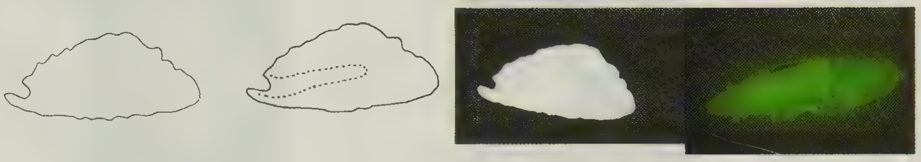
Beniteguri
Foetorepus altivelis



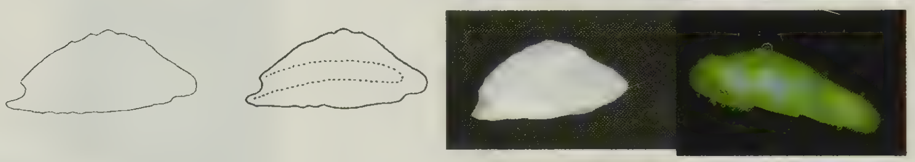
Hanabinumeri
Paradiplogrammus enneactis



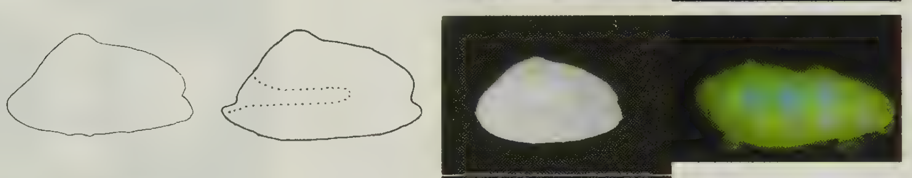
Yomegochi
Calliurichthys japonicus



Yarinumeri
Repomucenus hugueninil

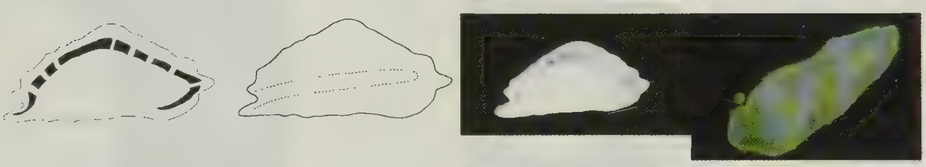


Horonumeri
R. virgis



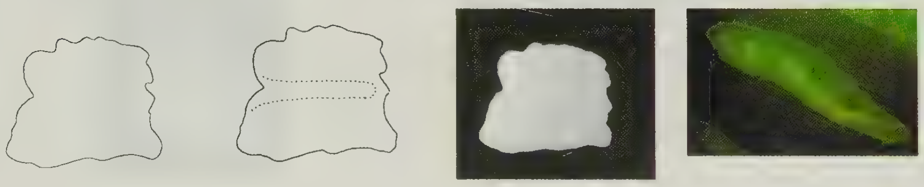
Hatatatenumeri
R. valenciennei

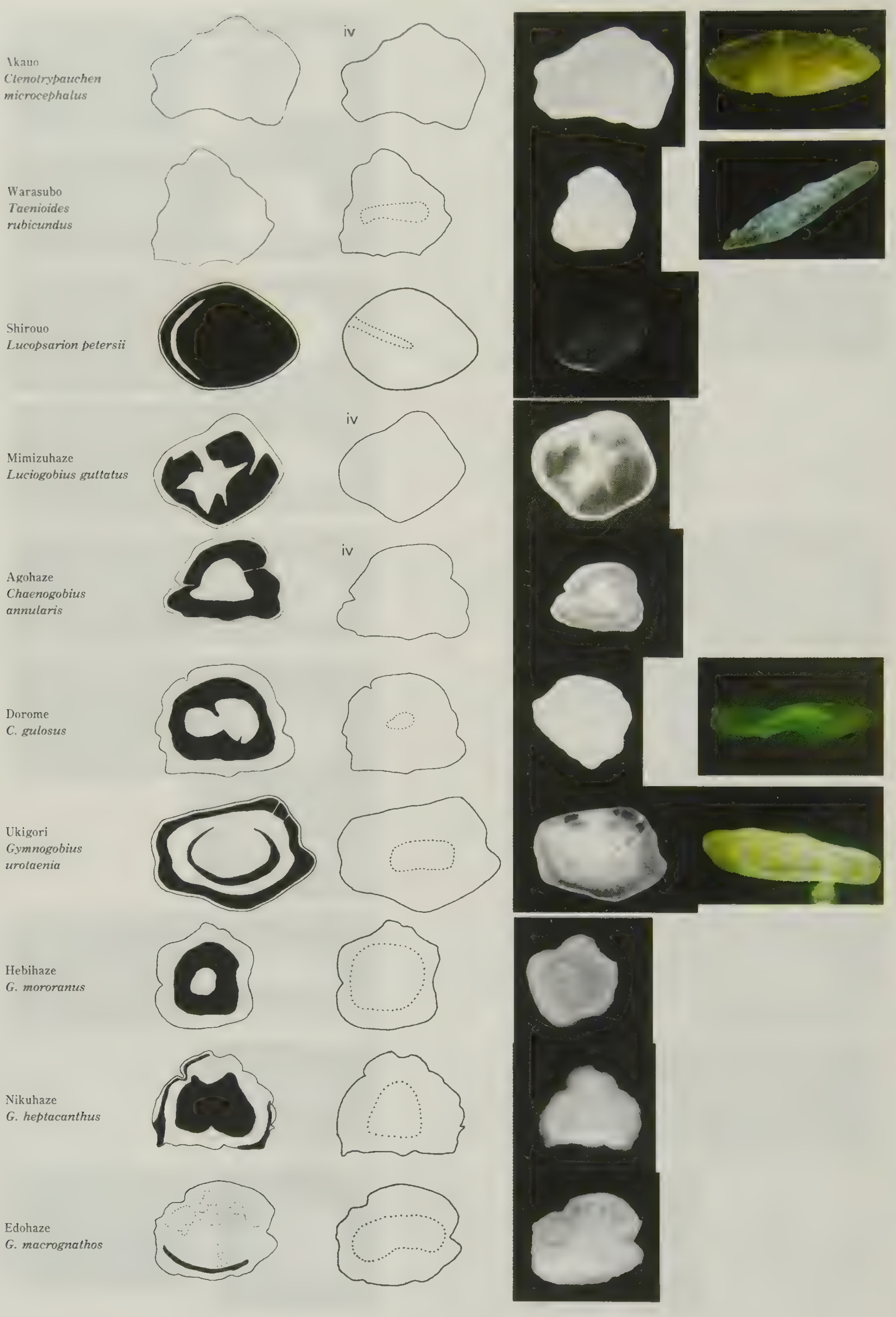
Nezumigochi
R. curvicornis



Tobinumeri
R. beniteguri

Donko
Odontobutis odscura





Akauo
Ctenotrypauchen microcephalus
iv
Warasubo
Taenioides rubicundus
Shirouo
Lucopsarion petersii
Mimizuhaze
Luciogobius guttatus
iv
Agohaze
Chaenogobius annularis
iv
Dorome
C. gulosus
Ukigori
Gymnogobius urotaenia
Hebihaze
G. mororanus
Nikuhaze
G. heptacanthus
Edohaze
G. macrognathos

Juzukakehaze
G. laevis

Higehaze
Parachaeturichthys polynema

Komochijako
Amblychaeturichthys sciistius

Akahaze
A. hexanema

Mahaze
Acanthogobius flavimanus

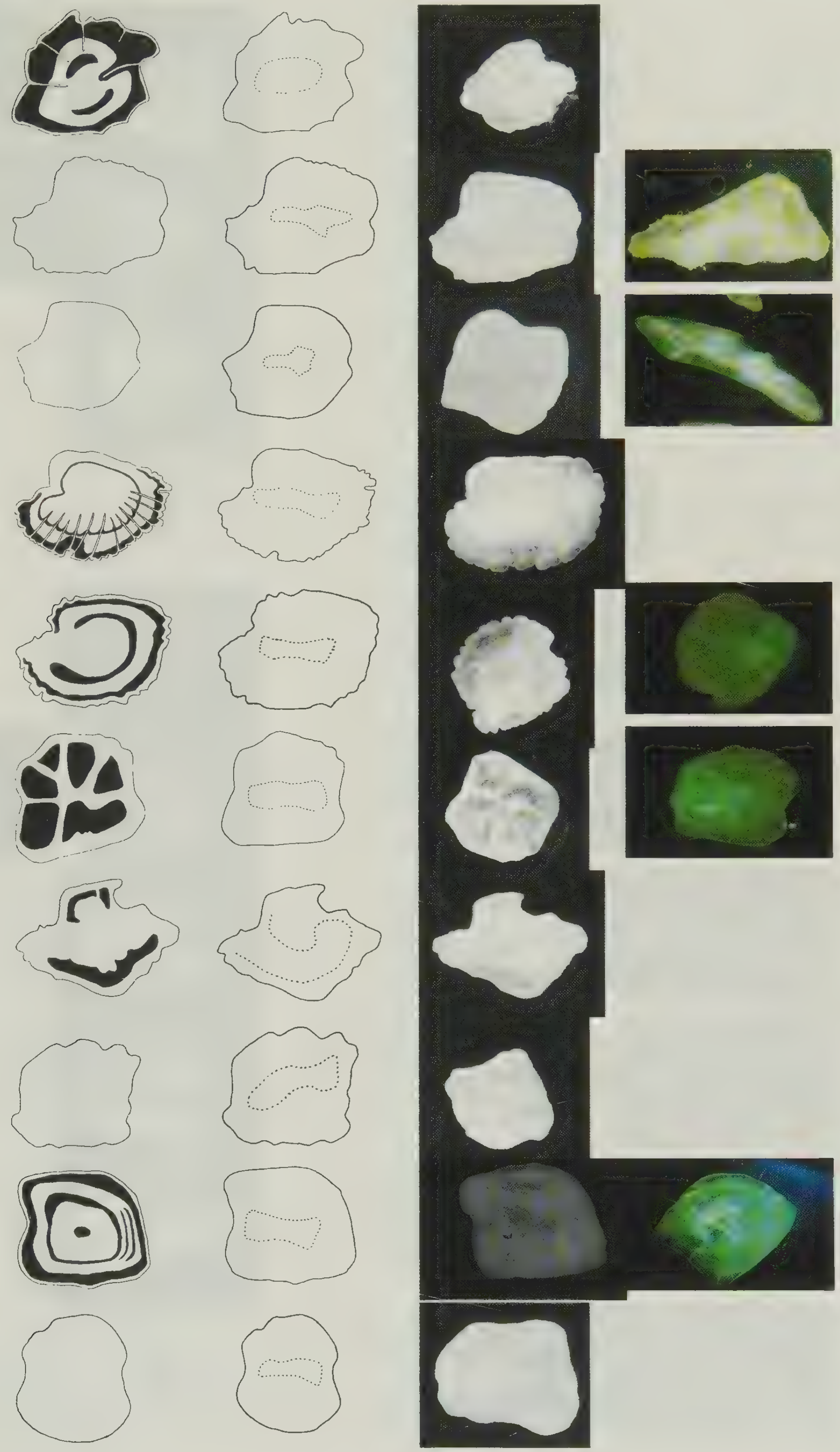
Ashishirohaze
A. lactipes

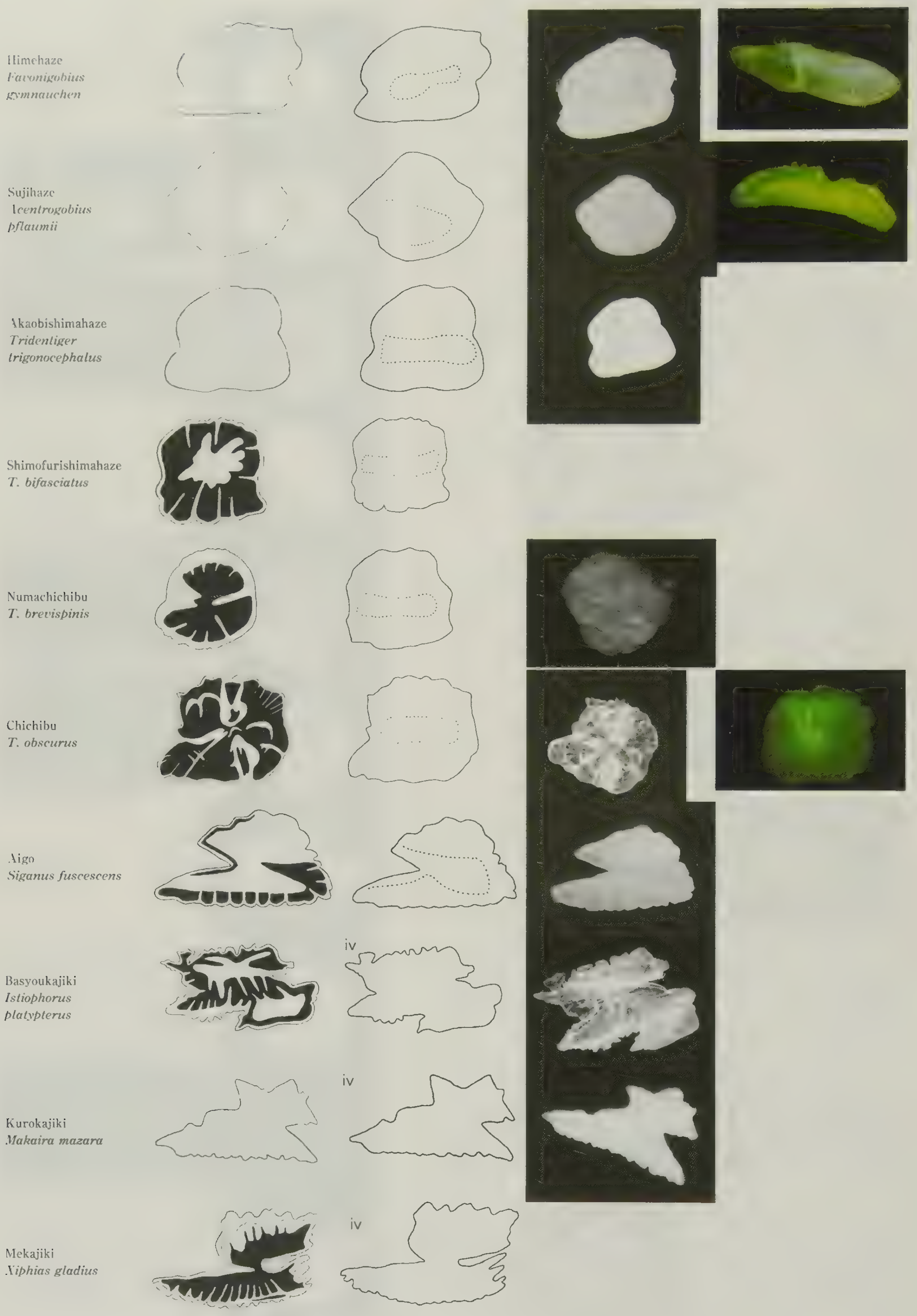
Nishikihaze
Pterogobius virgo

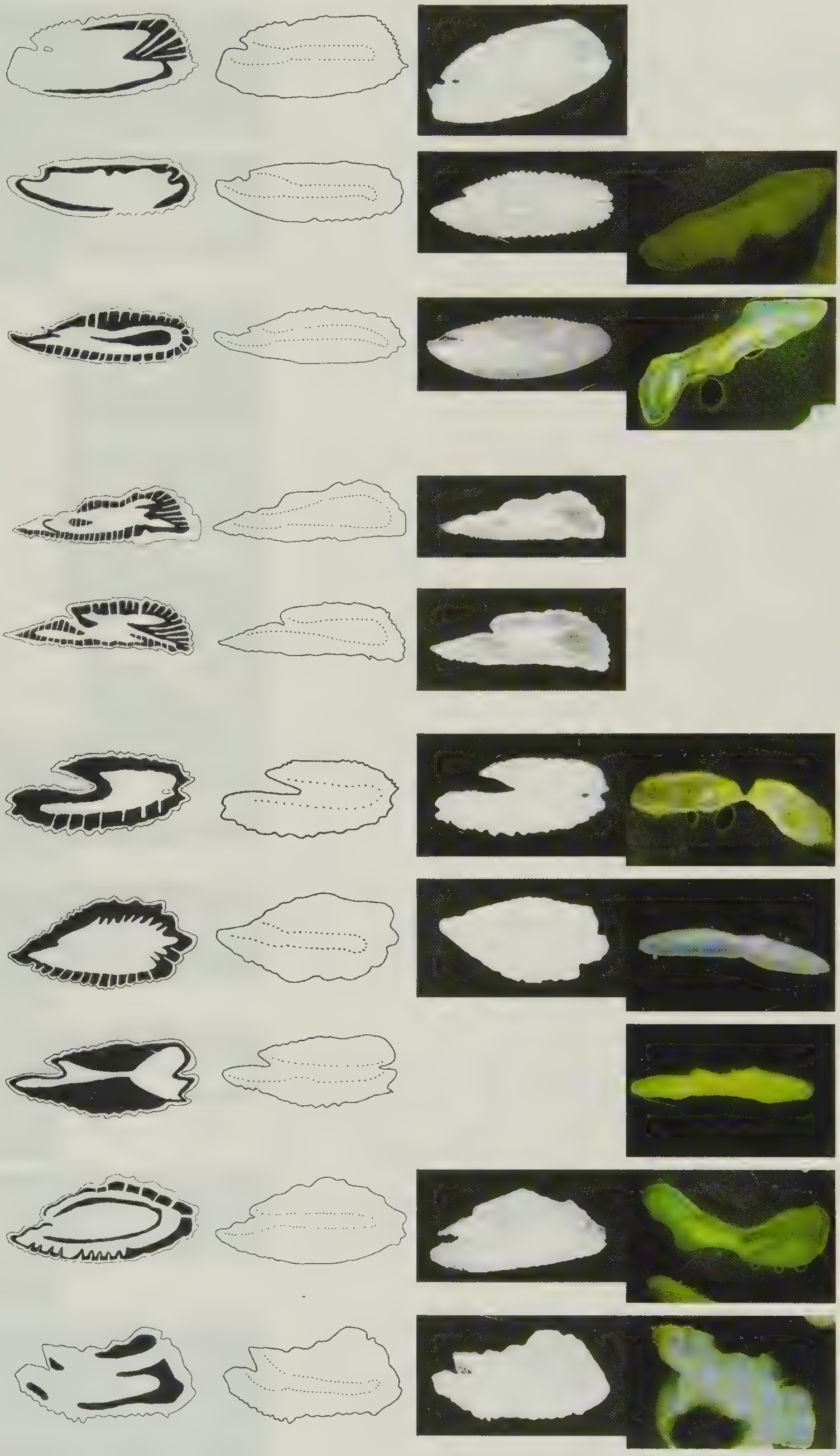
Chagara
P. zonoleucus

Ryuguuhaze
P. zacalles

Itohikihaze
Cryptocentrus filifer




Himehaze
Favonigobius gymnauchen
Sujihaze
Acentrogobius pflaumii
Akaobishimahaze
Tridentiger trigonocephalus
Shimofurishimahaze
T. bifasciatus
Numachichibu
T. brevispinis
Chichibu
T. obscurus
Aigo
Siganus fuscescens
Basyoukajiki
Istiophorus platypterus
Kurokajiki
Makaira mazara
Mekajiki
Xiphias gladius
iv
iv
iv



Onikamasu
Sphyraena barracuda

Akakamasu
S. pinguis

Yamatokamasu
S. japonica

Aburasokomutsu
Lepidocybium flavobrunneum

Baramutsu
Ruvettus pretiosus

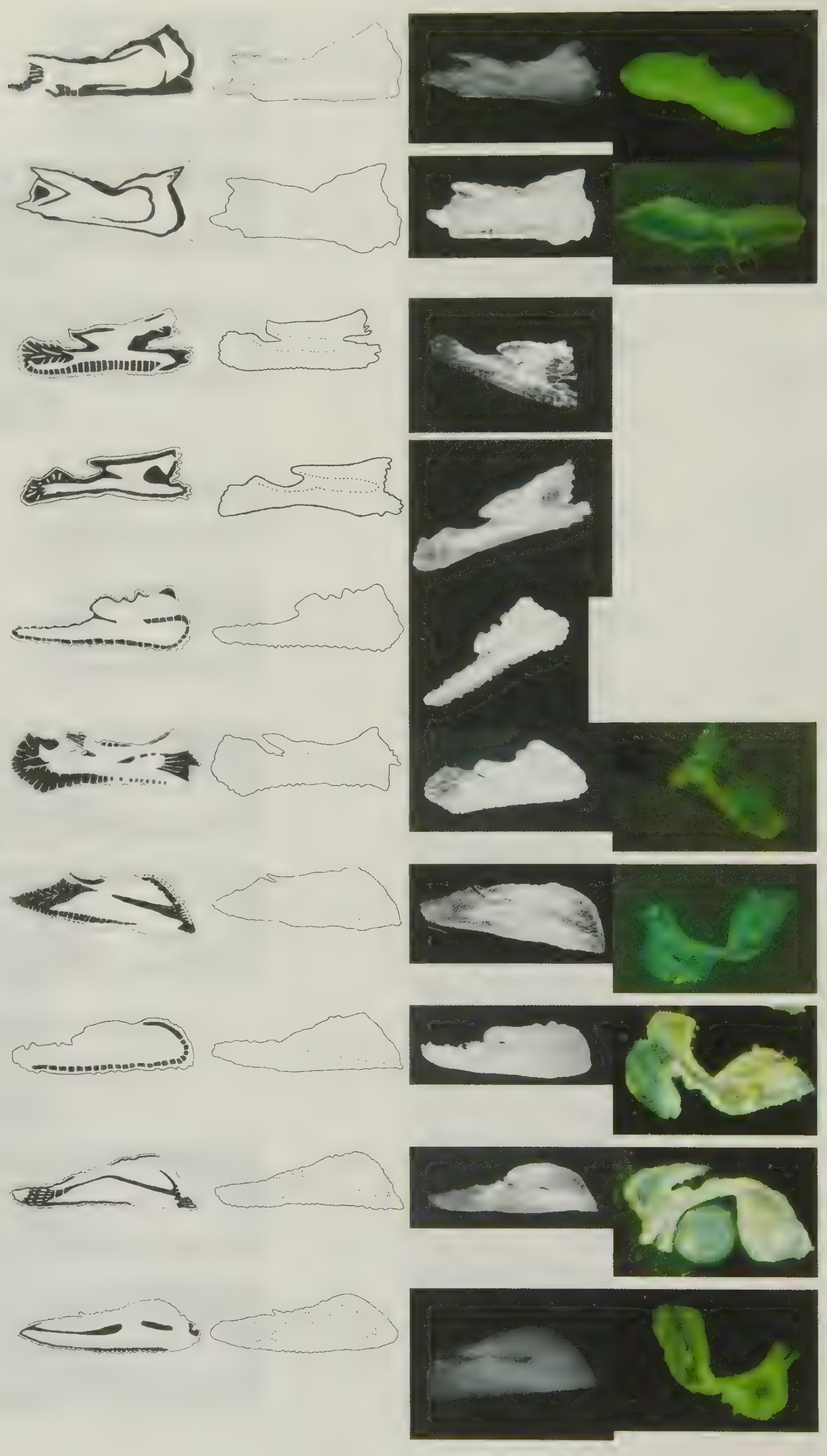
Kurotachikamasu
Gemphylus serpens

Fuuraikamasu
Nealotus tripes

Kuroshibikamasu
Promethichthys prometheus

Tachiuo
Trichiurus japonicus

Gurukuma
Rastrelliger Kanagurta



Masada
Scomber japonicus

Gomasaba
S. australasicus

Hirasouda
Auxis thazard

Marusouda
A. rochei

Hagatsuo
Sarda orientalis

Katsuwo
Katsuwonus pelamis

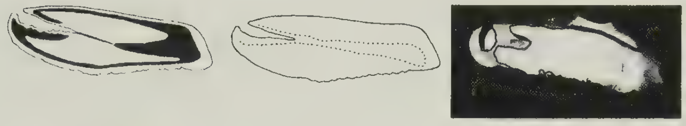
Bin-naga
Thunnus alalunga

Kuromaguro
T. thynnus

Kihada
T. albacares

Mebachi
T. obesus

Kamasusawara
Acanthocybium solandri



Sawara
Scomberomorus niphonius

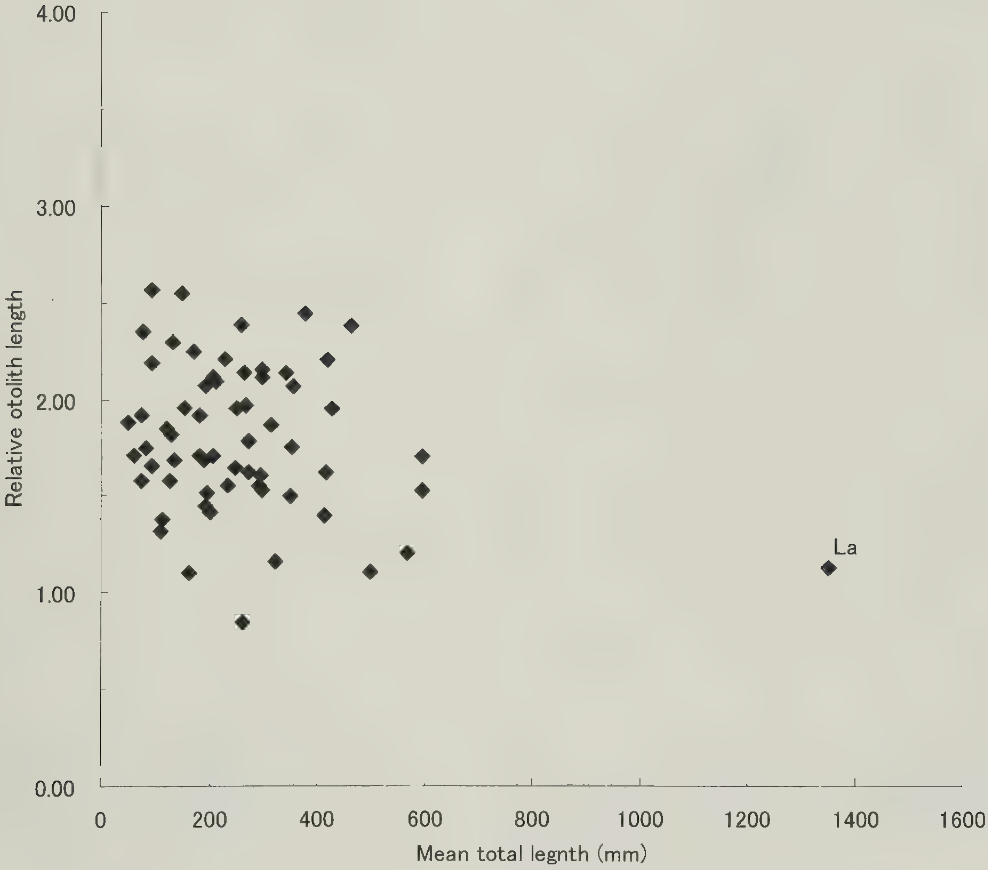


Fig. 2-30. Relation of otolith length:height ratio to total length (Perciforms 3). Abbreviations see table 2-14.

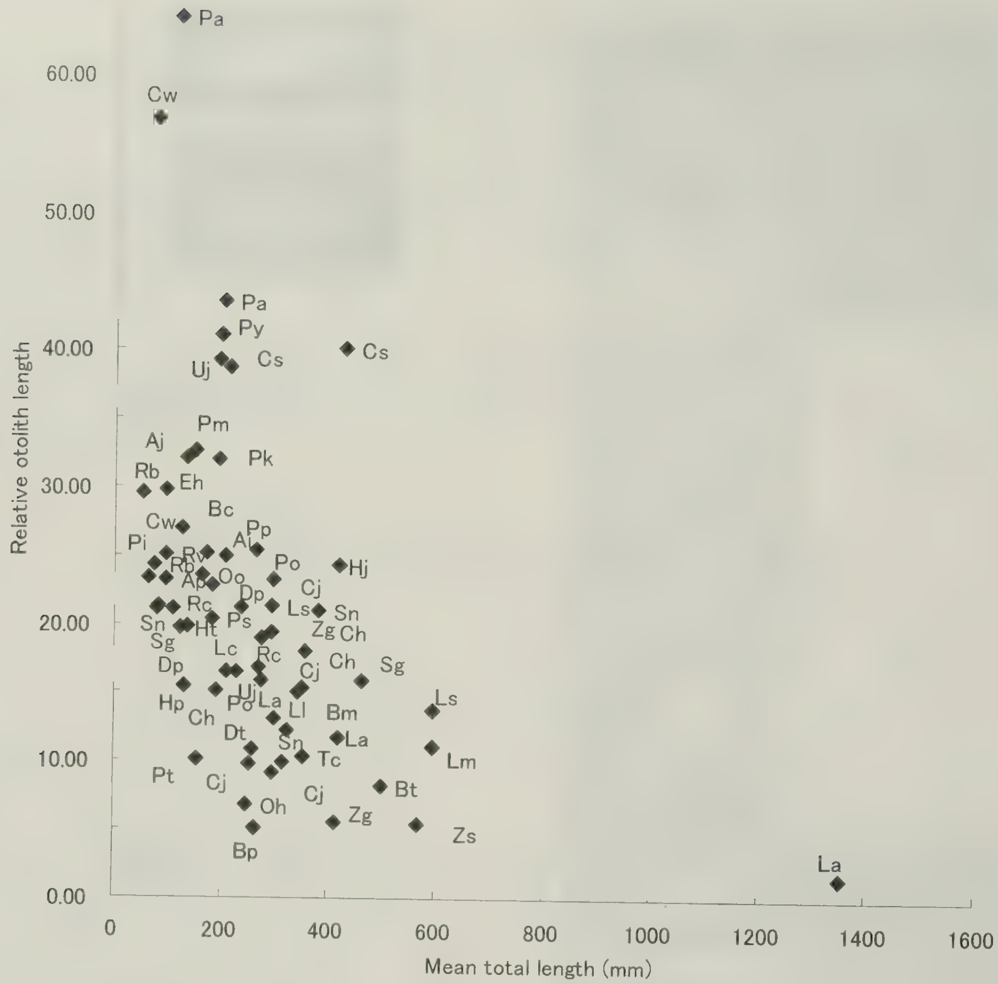


Fig. 2-31. Relation of otolith size index to total length (Perciforms 3). Abbreviations see table 2-14.

や明瞭である。

ワラスボ *Taenioides rubicundus*

外形は石塊状の不定形（I型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は弱い反り状型（a型）である。溝は浅いが，前部から後部にやや長方形状に認められる（Ⅳ型）。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

シロウオ *Leucopsarion petersii*

外形は卵形状の楕円形（B型）で，欠刻は認められない。側面形は弱い反り状型（a型）である。溝の形状は不明である。輪紋は，表面観察では不明瞭で，殆どが透明部分である。

ミミズハゼ *Luciogobius guttatus*

外形は石塊状の正方形（G型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は弱い反り状型（a型）である。溝の形状は不明である。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

アゴハゼ *Chaenogobius annlaris*

外形は楕円形（B型）で，前角と前上角がやや発達し，欠刻はやや明確である。側面形は弱い反り状型（a型）である。溝の形状は不明である。輪紋は表面観察で明瞭である。

ドロメ *C. gulosus*

外形は楕円形に近い円形（A型）で，前角と前上角が発達せず，欠刻は不明確である。側面形は弱い反り状型（a型）である。溝は浅く，中央部にほぼ楕円形状に認められる（Ⅳ型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

ウキゴリ *Gymnogobius urotaenia*

外形は楕円形（B型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は棒状型（b型）ある。溝は中央部に長方形状に認められる（Ⅳ型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

ヘビハゼ *G. mororanus*

外形は凹凸のある円形（A 型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は弱い反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は浅く，明確ではないが，中央部にほぼ円形状に認められる（Ⅳ型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

ニクハゼ *G. heptacanthus*

外形は半円状の不定形（Ⅰ型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は半広線形（c 型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝はかなり浅く，明確ではないが，中央部にほぼ楕円形状に認められる（Ⅳ型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

エドハゼ *G. macrognathos*

外形は楕円形に近い円形（A 型）で，前角と前上角はやや発達し，欠刻はやや明確である。側面形は棒状型（b 型）である。凹面には，瘤状の隆起がほぼ全面にみられる。溝は浅く，前部から後部に，下部が凹んだ長方形状に認められる（Ⅳ型）。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

ジュズカケハゼ *G. laevis*

外形は縁辺に不規則な凹凸のある正方形(F 型)で，前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は半広線形（c 型）である。溝は浅く，明確ではないが，中央部に長楕円形状に認められる（Ⅳ型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

ヒゲハゼ *Parachaeturichthys polynema*

外形は前縁に幅広い凹みがある楕円形（B 型）で，前角はやや発達するが，前上角は発達せず，欠刻はやや明確である。側面形は半広線型（c 型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は明確ではないが，前部から後部に不定形状に認められる（Ⅳ型）。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

コモチジャコ *Amblychaeturichthys sciistius*

外形は前縁に幅広い凹みのある円形（A 型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確である。外形は個体による相違がみられる。側面形は半広線形型(C 型)である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は，隆起がやや強く，中央部に不定形状に認められる（Ⅳ型）。輪紋は，表面観察ではやや不明瞭である。

アカハゼ *A. hexanema*

外形は楕円形（B 型）で，前角と前上角が発達し，欠刻はやや明確である。側面形は弱い反り状型（a 型）である。溝は欠刻部付近から後部に不定形状に認められる（Ⅳ型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

マハゼ *Acanthogobius flavimanus*

外形は石塊状の円形（A 型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確であるが，外形と欠刻には，個体による相違がみられる。側面形は弱い反り状型(a 型）である。凹面には，弱い隆起が下部にみられる。溝は浅く，中央部付近にほぼ長方形状に認められる（Ⅳ型）。輪紋は，表面観察で明瞭である。

アシシロハゼ *A. lactipes*

外形はやや丸みがある正方形（G 型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は半広線形（c 型）である。溝は前部から後部にほぼ長方形状で認められる（Ⅳ型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

ニシキハゼ *Plerogobius virgo*

外形は，上部がやや高い三角形（F 型）で，前角と前上角がやや発達し，欠刻はやや明確である。側面形は反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が後部にみられる。溝は浅く広く，欠刻部から後方に延び，後端が上方に僅かに曲がり，上縁の後部付近まで認められる（$Ⅱ_1$型）。輪紋は，表面観察ではやや不明瞭である。

チャガラ *P. zonoleucus*

外形は凹凸がある正方形（G 型）で，前角と前上角が発達せず，欠刻は不明確である。側面形は弱い反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が全面にみられる。溝は浅く，前部から後部に不定形状に認められる（Ⅳ型）。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

リュウグウハゼ *P. zacalles*

外形は楕円形（B 型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は弱い反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は浅く，前部から後部にほぼ長方形状に認められる（Ⅳ型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

イトヒキハゼ *Cryptocentrus filifer*

外形は縦長楕円形（D 型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は棒状型（b 型）である。溝は浅く，前部から後部に不定形状に認められる（D 型）。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

ヒメハゼ *Favonigobius gymnauchen*

外形は楕円形（B 型）で，前角と前上角はあまり発達しないが，欠刻はやや明確である。側面形は弱い反り状型（a 型）である。溝は中央部にほぼ長楕円形状（瓢箪形状）に認められる（Ⅳ型）。輪紋は，表面観察ではやや不明瞭である。

スジハゼ *Acentrogobius pflaumii*

外形は石塊状の円形に近い楕円形（B 型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は

棒状型（b 型）である，溝は浅く，中央から下部に幅広い不定形状に認められる（Ⅳ型）。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

アカオビシマハゼ *Tridentiger trigonocephalus*

外形は上縁に丸みがある正方形（G 型）で，前角と前上角が発達せず，欠刻は不明確である。側面形は反り状型（a 型）である。溝は浅く，前部から後部にほぼ長方形状に認められる（Ⅳ型）。輪紋は，表面観察ではやや不明瞭である。

シモフリシマハゼ *T. bifasciatus*

外形はやや凹凸がある正方形（G 型）で，前角と前上角が発達せず，欠刻は不明確である。外形には，個体による相違がみられる。側面形は反り状型（a 型）である。溝は浅く，前部から後部にほぼ長方形状に認められる（Ⅳ型）。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

ヌマチチブ *T. brevispinis*

外形は凹凸がある円形（A 型）で，前角はやや発達するが，前上角は発達せず，欠刻はやや不明確である。外形や欠刻には個体による相違があり，欠刻は不明確なものが多い。側面形は棒状型（b 型）である。溝は浅く，明確でないが，前部から後部にほぼ長方形状に認められる（Ⅳ型）。輪紋は，表面観察ではやや不明瞭である。

チチブ *T. obscurus*

外形はほぼ正方形（G 型）である。前角と前上角は発達しないが，チチブ属では最も欠刻が明確である。外形は個体による相違があり，また，欠刻に不明確な個体が多い。側面形は棒状型（b 型）である。溝は浅く，明確ではないが，前部から後部にほぼ長方形状に認められる（Ⅳ型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

29-23. ニザダイ亜目 Acanthuroidei・マンジュウダイ科 Ephippididae

ツバメウオ *Platax teira*

外形は長楕円形（C 型）で，前角と上前角は発達し，欠刻は明確である。側面形は薄く，反り状型である（a 型）。溝は欠刻部から斜め下方に延び，下縁の後部付近まで認められる（Ⅱ$_2$型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

29-24. ニザダイ亜目 Acanthuroidei・アイゴ科 Siganidae

アイゴ *Siganus fuscescens*

外形は楕円形（B 型）で，前角と前上角は発達し，欠刻は明確であるが，外形と欠刻には個体による相違がみられる。側面形は弱い反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が下部にみられる。溝は浅く，欠刻部から後方に延び，後部が広くなり，後縁付近まで認められる（Ⅱ$_1$型）。輪紋は，表面観察ではやや不明瞭である。

29-25. カジキ亜目 Xiphioidei・マカジキ科 Istiophoridae

バショウカジキ *Istiophorus platypterus*

外形は不定形（Ⅰ型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は不明である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝の形状は不明である。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

クロカジキ *Makaira mazara*

外形は不定形（Ⅰ型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は不明である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝の形状は不明である。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

29-26. カジキ亜目 Xiphioidei・メカジキ科 (Xiphiidae)

メカジキ *Xiphias gladius*

外形は帆船形に似た不定形（Ⅰ型）で，前角と前上角は発達し，欠刻は明確である。側面形は不明である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝の形状は不明である。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

29-27. サバ亜目 Scombroidei・カマス科 Sphyraenidae

オニカマス *Sphyraena barracuda*

外形は長楕円形（C 型）で，前角と前上角は発達しないが，欠刻はやや明確である。側面形はやや強い反り状型（a 型）である。溝はやや細く，欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（Ⅱ$_1$型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

アカカマス *S. pinguis*

外形は長楕円形に近い広線形（E 型）で，前角はやや発達するが，前上角は発達せず，欠刻はやや明確である。側面形はやや強い反り状型（a 型）である。溝はやや幅広く，欠刻部から後方に延び，後端が下方に僅かに曲がり，後縁付近まで認められる（Ⅱ$_1$型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

ヤマトカマス *S. japonica*

外形は長楕円形に近い広線形（E 型）で，前角はやや発達するが，前上角は発達せず，欠刻はやや明確である。側面形は反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が後部にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，後端が下方に僅かに曲がり，後縁付近まで認められる（Ⅱ$_1$型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

29-28. サバ亜目 Scombroidei・クロタチカマス科 Gempyliidae

アブラソコムツ *Lepidocybium flavobrunneum*

外形は広線形（E 型）で，前角は発達するが，前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は反り状型(a 型)である。溝は幅広く，欠刻部から後方に延び，後部で幅広くなり，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（Ⅱ₁型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

バラムツ *Ruvettus pretiosus*

外形は長楕円形（C 型）か広線形（E 型）で，前角と前上角は発達し，欠刻は明確である。外形には，体長の大きさによる相違がみられる。側面形は弱い反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は幅広く，欠刻部から後方に延び，後部でやや幅広くなり，後縁付近まで認められる（Ⅱ₁型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

クロタチカマス *Gemphylus serpens*

外形は長楕円形（C 型）で，前角と前上角は発達し，欠刻は明確である。側面形はやや強い反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が後部にみられる。溝は浅いがやや幅ひろく，欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（Ⅱ₁型)。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

フウライカマス *Nealotus tripes*

外形は楕円形（B 型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は非常に薄く，弱い反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（Ⅱ₁型)。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

クロシビカマス *Promethichthy prometheus*

外形は長楕円形（C 型）で，前角と前上角は発達し，欠刻は明確である。側面形は非常に薄く，弱い反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁に達する（Ⅰ₁型)。輪紋は，表面観察ではやや不明瞭である。

29-29. サバ亜目 Scombroidei・タチウオ科 Trichiuridae

タチウオ *Trichiurus japonicus*

外形は長楕円形（C 型）で，前角は発達するが，前上角はあまり発達せず，欠刻はやや明確である。側面形は強い反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められる（Ⅱ₃型)。輪紋は比較的明瞭で，表面観察や Burnt 法で年齢査定が可能である。

29-30. サバ亜目 Scombroidei・サバ科 Scombridae

グルクマ *Rastrelliger kanagurta*

外形は下縁に小さい凹凸が多い長楕円形(C 型)で，前角，前上角はやや発達し，欠刻は明確である。側面形は強い反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（Ⅱ₁型)。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

マサバ *Scomber japonicus*

外形は「くさび」に似た後部が幅広い長方形（H 型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は比較的幅広く，欠刻部から後方に延び，後端が下部に僅かに曲がり，後縁付近まで認められる（Ⅱ₁型)。輪紋は，表面観察ではやや不明瞭である。

ゴマサバ *S. australasicus*

外形はマサバと同様「くさび」に似た長方形（H 型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は欠刻部から後方に延び，後端が下部に僅かに曲がり，後縁付近まで認められる（Ⅱ₁型)。輪紋は，表面観察ではやや不明瞭である。

ヒラソウダ *Auxis thazad*

外形は「矢尻形」に似た細長い三角形（F 型）で，前角と前上角は発達し，欠刻は明確である。外形には，個体によっては長方形（H 型）がみられる。側面形は反り状型（a 型）である。溝は深く広く，欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（Ⅱ₁型)。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

マルソウダ *A. rochi*

外形は後縁に大きい凹みがある不定形（Ⅰ型）で，前角と前上角はやや発達し，欠刻は明確である。側面形は反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（Ⅱ₁型)。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

ハガツオ *Sarda orientalis*

外形は「鍵形」に似た長三角形（F 型）で，前角は著しく発達するが，前上角はあまり発達せず，欠刻はやや明確である。側面形は反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が後部にみられる。溝は幅広く，欠刻部から後方に延び，後部で広くなり後縁付近まで認められる（Ⅱ₁型)。溝の隆起は発達している。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

カツオ *Katsuwonus pelamis*

外形は前縁から下縁に波型凹凸が発達した長方形(H 型)で，前角は発達するが，前上角はあまり発達せず，欠刻はやや明確である。側面形は弱い反り状型（a 型）

である。凹面には，弱い隆起が後部にみられる。溝は幅広く，欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（Ⅱ$_1$型）。溝の隆起は発達している輪紋は，表面観察ではやや不明瞭である。

ビンナガ *Thunnus alalunga*

外形は「くさび」に似た長三角形（F 型）で，前角は発達するが，前上角は発達せず，欠刻はやや明確であるが，個体による相違がみられる。側面形は反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が後部にみられる。溝は幅広く，欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（Ⅱ$_1$型）。溝の隆起は発達している。輪紋は，表面観察ではやや不明瞭である。

クロマグロ *T. thynnus*

外形はやや「鍵形」に似た広線形（E 型）で，前角は発達するが，前上角があまり発達せず，欠刻は不明確である。外形には個体による相違（F 型）がみられる。側面形は反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が後部にみられる。溝はやや浅く幅広く，欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（Ⅱ$_1$型）。溝の隆起は発達している。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

キハダ *T. albacares*

外形はやや「鍵形」に似た長三角形（F 型）で，前角は著しく発達するが，前上角は発達せず，欠刻は不明確である。外形には，個体による相違がみられる。側面形は強い反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が後部にみられる。溝は幅広く，欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（Ⅱ$_1$型）。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

メバチ *T. obeus*

外形は広線形（E 型）で，前角は発達するが，前上角は発達せず，欠刻は明確でない。側面形は反り状型（a 型）である。凹面には，弱い隆起が後部にみられる。溝は幅広く，欠刻部から後方に延び，真直ぐに後縁付近まで認められる（Ⅱ$_1$型）。輪紋は，表面観察では不明瞭であるが，薄片法で観察が可能である。

カマスサワラ *Acanthocybium solandri*

外形は長楕円形（C 型）で，前角と前上角は発達し，欠刻は明確である。側面形は弱い反り状型（a 型）である。溝はやや細く，欠刻部から後方に延び，ほぼ真直ぐに後縁付近まで認められる（Ⅱ$_1$型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

サワラ *Scomberomorus niphonius*

外形は「矢尻形」に似た長三角形（F）で，前角と前上角は発達し，欠刻は明確である。側面形は反り状型（a 型）である。溝は欠刻部から後方に延び，後端は幅広く後縁付近まで認められる（Ⅱ$_1$型）。溝の隆起は発達している。輪紋は比較的明瞭で，表面観察や Burnt 法で年齢査定に用いられているが，薄片法で明瞭な年輪が観察可能である。

スズキ目のスズキ亜目以外の亜目に属する魚種について，耳石長比および相対耳石サイズを種間で比較する。耳石長比は0.76 ～ 3.88の範囲で，クロタチカマス科のアブラソコムツが最も大きく，ハゼ科のイトヒキハゼが最も小さい。体長による耳石長比の相違は，サバ亜目ではバラムツとカツオに認められるが，マサバ，ビンナガ，クロマグロ，キハダとサワラではみられない。その他の亜目では，イボダイ科のイボダイ，エボシダイ科のボウズコンニャクとハゼ科のマハゼには相違がみられない。標本が比較的多い魚種で検討すると，ゲンゲ科は1.11 ～ 1.82の範囲であるが，シロゲンゲ，カンテンゲンゲとカムチャッカゲンゲの 3 種は1.11 ～ 1.17の小さい値を示している。ハゼ科は0.76 ～ 1.56の範囲で，殆どが1.1 ～ 1.4内に集中している。サバ科は2.08 ～ 3.56と範囲が広く，種による相違が顕著で，マグロ属は 3 以上で細長い。科別の平均値では，カマス科，サバ科とクロタチカマス科が2.89 ～ 2.57で大きく，ドンコ科，ハゼ科，イレズミコンニャクアジ科とボウズギンポ科が1.10 ～ 1.21で小さい。亜目別には，サバ亜目（2.65）とニザダイ亜目（2.06）が大きく，イレズミコンニャクアジ亜目（1.13）とハゼ亜目（1.15）が小さく，その他の亜目は1.49 ～ 1.97の範囲にある。

相対耳石サイズは0.64 ～ 56.75の範囲で，ハナビヌメリ（ネズッポ科）が最も大きく，メカジキ（メカジキ科）が最も小さい。体長による相対耳石サイズの相違は，イボダイ科とネズッポ科のイボダイとヤリヌメリでは認められるが，サバ科のマサバ，ゴマサバ，カツオ，ビンナガ，クロマグロ，キハダとサワラでは殆ど変わらない。また，エボシダイ科とクロタチカマス科のボウズコンニャクとバラムツでは，サバ科と同様に相違はみられない。標本が比較的多い魚種で検討すると，ゲンゲ科は 6 ～ 21の範囲，ハゼ科は14 ～ 37の範囲，サバ科は 9 ～ 19の範囲で，ハゼ科はゲンゲ科とサバ科に比べ範囲が狭く，10以下が出現せず，耳石相対サイズが大きい。科別の平均値では，イボダイ科，エボシダイ科，ミシマオコゼ科，トラギス科とハタハタ科が30 ～ 40で大きく，メカジキ科，イレズミコンニャクアジ科，マカジキ科，ボウズギンポ科，タチウオ科とニシキギンポ科が10以下で小さい。亜目別には，イボダイ亜目，ワニギス亜目，ギンポ亜目，ネズッポ亜目とハゼ亜目（23 ～ 28）がやや大きく，ベラ亜目，ゲンゲ亜目，ニザダイ亜目とサバ亜目（11 ～ 19）が

Table 2-15. Sample list used for otolith measurement (Perciforms 4)

Family Japanese name	Scientific name	Abbreviation	Size category	Sample size	Mean total length	Range	Otolith length (mm)	Otolith width (mm)	Otolith area index	Length: height ratio	Relative otolith size	Code of external-side-sulcus forms		
Gobiidae														
Akauo	*Ctenotrypauchen microcephalus*	Cm		1	150	150	3.90	2.50	6.50	1.56	26.00	I	a	iv
Warasubo	*Taenioides rubicundus*	Tr		1	259	259	3.60	3.25	4.52	1.11	13.89	I	a	IV
Shirouo	*Lucopsarion petersii*	Lp		6	46	44-47	0.67	0.54	0.79	1.25	14.79	B	a	III
Mimizuhaze	*Luciogobius guttatus*	Lg		5	57	47-67	0.98	0.83	1.43	1.17	17.13	G	a	nd
Agohaze	*Chaenogobius annularis*	Ca		2	48	44-51	1.14	0.96	2.28	1.19	24.42	B	a	iv
Dorome	*C. gulosus*	Cg		1	124	124	2.70	2.25	4.90	1.20	21.77	A	a	IV
Ukigori	*Gymnogobius urotaenia*	Gu		4	85	64-137	2.32	1.73	4.72	1.32	26.47	B	b	IV
Hebihaze	*G. mororanus*	Gm		2	45	42-48	1.14	1.10	2.79	1.04	25.24	A	a	IV
Nikuhaze	*G. heptacanthus*	Gh		2	49	48-50	1.60	1.33	4.34	1.22	32.65	I	c	IV
Edohaze	*G. macrognathos*	Ga		2	58	57-58	1.93	1.45	4.83	1.33	33.27	A	b	IV
Juzukakehaze	*G. laevis*	Gl		5	64	45-87	1.67	1.47	3.84	1.13	25.71	G	c	IV
Higehaze	*Parachaeturichthys polynema*	Pp		1	130	130	4.90	3.60	13.57	1.36	37.69	B	c	IV
Komochijako	*Amblychaeturichthys sciistius*	As		4	51	35-58	2.53	2.20	10.91	1.15	50.45	A	c	IV
Akahaze	*A. hexanema*	Ah		11	119	76-166	4.69	3.30	13.01	1.42	39.72	B	b	IV
Mahaze	*Acanthogobius flavimanus*	Af	Small	10	117		2.66	2.43	5.52	1.09	22.83	A	a	IV
		Af	Large	10	181		4.27	3.52	8.30	1.21	23.47			
Ashishirohaze	*A. lactipes*	Al		5	65	53-89	1.48	1.25	2.85	1.21	22.01	G	c	IV
Nishikihaze	*Pterogobius virgo*	Pv		3	206	201-215	4.20	2.72	5.55	1.55	20.36	F	a	II$_1$
Chagara	*P. zonoleucus*	Pz		2	70	67-73	1.88	1.73	4.65	1.09	26.84	G	a	IV
Ryuguuhaze	*P. zacalles*	Pr		3	120	117-122	3.29	2.42	6.63	1.36	27.48	B	a	IV
Itohikihaze	*Cryptocentrus filifer*	Cf		1	140	140	2.25	3.00	4.82	0.76	16.07	D	b	IV
Himehaze	*Favonigobius gymnauchen*	Fg		1	63	63	2.30	1.80	6.57	1.28	36.50	B	a	IV
Sujihaze	*Acentrogobius pflaumii*	Ap		1	60	60	2.05	1.70	5.81	1.21	34.16	B	b	IV
Akaobishimahaze	*Tridentiger trigonocephalus*	Tp		3	60	48-67	1.22	1.18	2.40	1.03	20.71	G	a	IV
Shimofurishimahaze	*T. bifasciatus*	Tb		3	79	74-84	1.39	1.34	2.36	1.03	17.44	G	a	IV
Numachichibu	*T. brevispinis*	Tn		6	70	38-95	1.72	1.60	3.93	1.07	24.72	A	b	IV
Chichibu	*T. obscurus*	To		15	75	51-111	1.81	1.73	4.18	1.05	24.93	G	b	IV
Siganidae														
Aigo	*Siganus fuscescens*	Sf		8	177	109-268	2.44	1.34	1.85	1.78	13.76	B	nd	II$_1$
Istiophoridae														
Basyoukajiki	*Istiophorus platypterus*	Ip		1	1750	1750	2.80	1.55	0.25	1.81	1.60	I	iv	iv
Kurokajiki	*Makaira mazara*	Mm		1	661	661	2.60	1.40	0.55	1.86	3.93	I	iv	iv
Xiphiidae														
Mekajiki	*Xiphias gladius*	Xg		1	3410	3410	2.20	1.60	0.10	1.38	0.64	I	iv	iv
Sphyraenidae														
Onikamasu	*Sphyraena barracuda*	Sb		1	610	610	11.00	4.15	7.48	2.65	18.03	C	a	II$_1$
Akakamasu	*S. pinguis*	Sp		10	281	192-357	8.61	3.00	9.19	2.87	30.74	E	a	II$_1$
Yamatokamasu	*S. japonica*	Sj		2	319	318-320	10.25	3.40	10.92	3.02	32.13	E	a	II$_1$
Gempylidae														
Aburasokomutsu	*Lepidocybium flavobrunneum*	Lf		1	1068	1068	11.65	3.00	3.27	3.88	10.90	E	a	II$_1$
Baramutsu	*Ruvettus pretiosus*	Rp	Small	3	278	278	4.37	2.37	3.73	1.84	15.64	C,E	a	II$_1$
		Rp	Large	1	900	900	9.80	3.00	3.27	3.27	18.88			
Kurotachikamasu	*Gemphylus serpens*	Gs		7	775	662-935	5.46	2.56	1.80	2.13	7.04	C	a	II$_1$
Fuuraikamasu	*Nealotus tripes*	Nt		11	224	210-242	6.02	3.21	8.63	1.90	26.80	B	a	I 1
Kuroshibikamasu	*Promethichthys prometheus*	Pk		1	206	206	4.95	2.10	5.05	2.36	24.02	C	a	II$_3$
Trichiuridae														
Tachiuo	*Trichiurus japonicus*	Tj		3	1027	758-116[illegible]	6.42	2.80	1.75	2.27	6.21	C	a	II$_3$
Scombridae														
Gurukuma	*Rastrelliger kanagurta*	Rk		1	315	315	5.40	2.60	4.46	2.08	17.14	C	a	II$_1$
Masaba	*Scomber japonicus*	Sj	Small	35	195		3.42	1.39	2.44	2.46	16.91	H	a	II$_1$
		Sj	Medium	35	245		4.07	1.64	2.72	2.47	16.30			
		Sj	Large	3	345		5.05	2.07	3.03	2.41	14.63			
Gomasaba	*S. australasicus*	Sa	Small	1	208	208	3.30	1.40	2.22	2.36	15.86	H	a	II$_1$
		Sa	Medium	30	286		4.39	1.66	2.55	2.61	15.34			
		Sa	Large	1	371	371	5.90	2.30	3.66	2.57	15.90			
Hirasouda	*Auxis thazard*	At		4	426	289-433	3.97	1.40	1.30	2.90	9.37	F,H	a	II$_1$
Marusouda	*A. rochei*	Ar		2	313	280-346	2.87	0.98	0.90	2.93	9.16	I	a	II$_1$
Hagatsuo	*Sarda orientalis*	So		4	428	353-532	4.50	1.40	1.47	3.22	10.51	F	a	II$_1$
Katsuwo	*Katsuwonus pelamis*	Kp	Small	9	533		4.66	1.86	1.63	2.52	8.75	H	a	II$_1$
		Kp	Large	1	835	835	7.15	2.35	2.01	3.04	8.56			
Bin-naga	*Thunnus alalunga*	Ta	Small	11	656		8.09	2.72	3.35	2.98	12.34	F	a	II$_1$
		Ta	Large	1	1156	1156	11.35	3.65	3.58	3.11	9.81			
Kuromaguro	*T. thynnus*	Tt	Small	6	587		8.00	2.53	3.45	3.19	13.86	E,F	a	II$_1$
		Tt	Large	1	1018	1018	11.15	3.30	3.61	3.38	10.95			
Kihada	*T. albacares*	Tk	Small	1	556	556	7.45	2.15	2.88	3.47	13.39	F	a	II$_1$
		Tk	Large	3	1325		12.31	3.39	3.15	3.64	9.62			
Mebachi	*T. obesus*	Tm		1	1560	1560	14.90	4.20	4.01	3.55	9.55	E	a	II$_1$
Kamasusawara	*Acanthocybium solandri*	As		1	609	609	6.00	2.15	2.12	2.79	9.85	C	a	II$_1$
Sawara	*Scomberomorus niphonius*	Sn	Small	7	431		8.45	3.30	6.47	2.53	19.69	F	a	II$_1$
		Sn	Large	19	695		12.52	4.48	8.07	2.55	18.27			

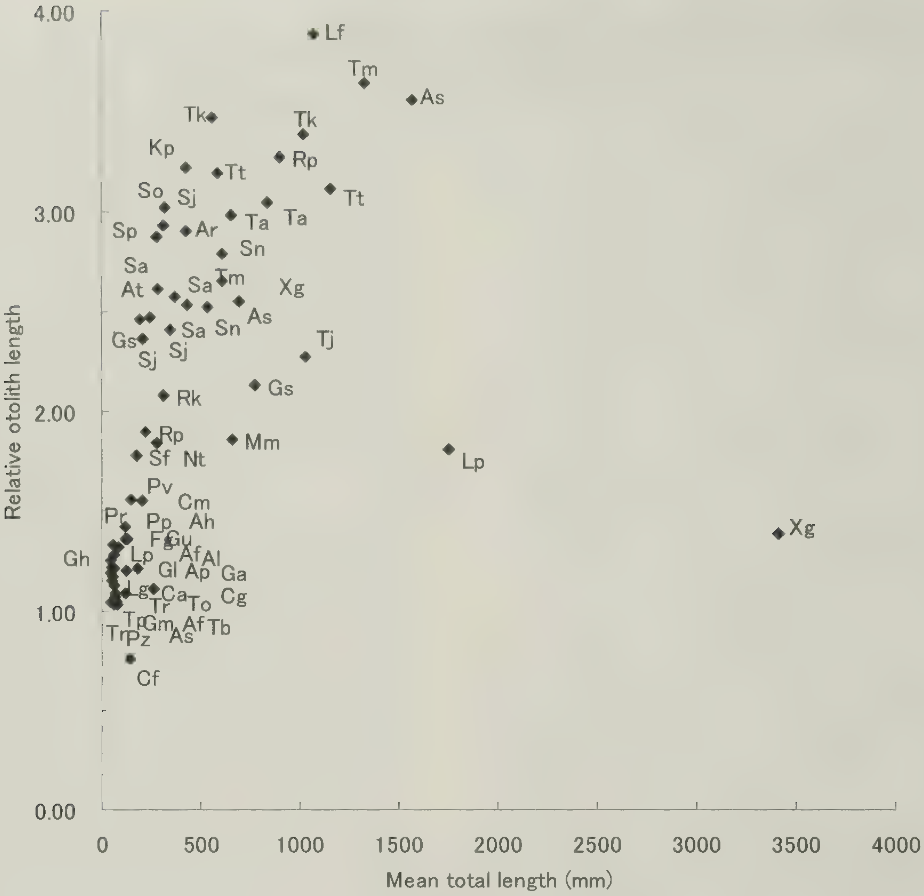


Fig. 2-32. Relation of otolith length:height ratio to total length (Perciforms 4). Abbreviations see table 2-15.

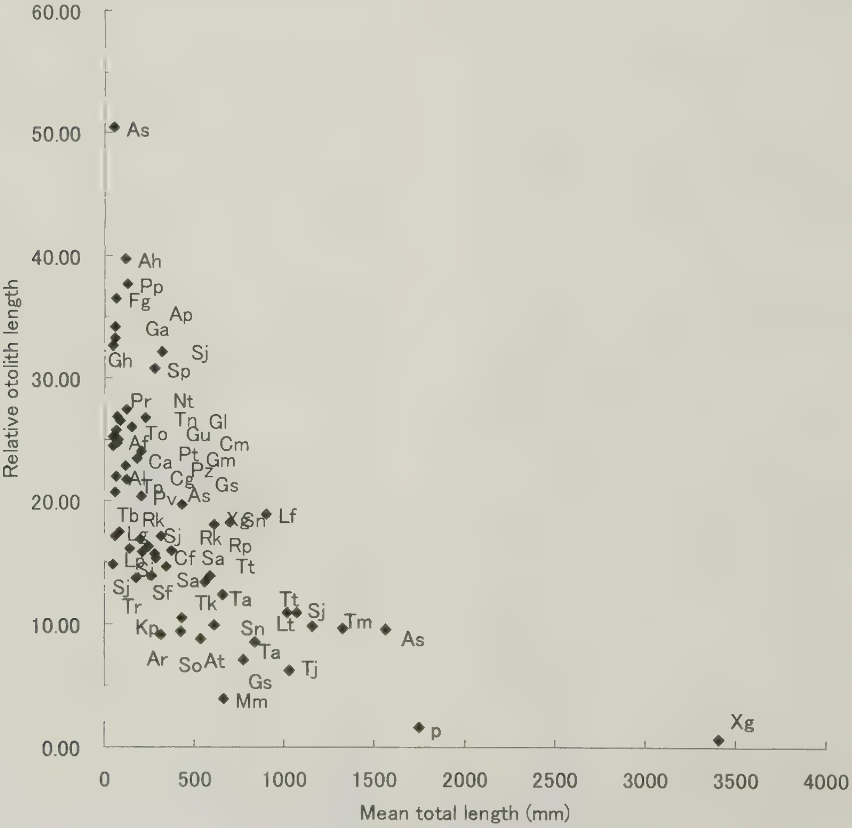


Fig. 2-33. Relation of otolith size index to total length (Perciforms 4). Abbreviations see table 2-15.

それに次ぐが，イレズミコンニャクアジ亜目とカジキ亜目（1 ～ 2）は著しく小さい。

スズキ亜目以外のスズキ目魚類について，耳石形態の特徴を要約すると，外形は楕円形（B 型）と長楕円形（C 型）が全体の約 6 割を占めているが，ネズッポ科は三角形（F 型）が主体，ハゼ科は正方形（G 型）が主体，サバ科は長方形（H 型）と三角形（F 型）が多いというように，科による特徴も認められる。側面形は，反り状型（a 型）が 7 割以上を占めているが，ゲンゲ科やハゼ科は c 型は多い。溝においても，B 型が半分以上を占めるが，ハゼ科の大部分とゲンゲ科の一部は D 型である。耳石長比は0.76 ～ 3.88の範囲で，科別の平均値では，カマス科，サバ科等が大きく，ハゼ科，ボウズギンポ科，メカジキ科等が小さい。相対耳石サイズは 1 ～ 57の範囲で，科別の平均値では，イボダイ科，エボシダイ科，ミシマオコゼ科等が大きく，メカジキ科，イレズミコンニャクアジ科，マカジキ科等が小さい。

30. カレイ目（Pleuronectiformes）（Table 2-17, Figs. 2-36, 2-37, 2-38）

カレイ目魚類はダルマガレイ科とカレイ科を主体に，8 科121種，フグ目魚類はカワハギ科とフグ科を主体に10科133種が知られている（中坊．2000）。

カレイ目魚類は大別してヒラメ類（3 科），カレイ類（3 科）とウシノシタ類（2 科）に分けられ，ヒラメ科のヒラメとカレイ科の大部分が産業上の重要種である。ヒラメ科は浅海性で，ヒラメが底びき網，刺し網，定置網等で漁獲されているほか，干物として食用種のガンゾウビラメ，アラメガレイ等は底びき網で漁獲されている。同じヒラメ類のダルマガレイ科（38種）は，浅海から深海まで生息域が広く種数は多いが，食用種は極めて少なく地域的なものである。カレイ科（33種）はダルマガレイ科に次いで種数が多く，有用種には，浅海性（10 ～ 100 m）ではマコガレイ，マガレイ，ムシガレイ等，漸深性（100 ～ 400 m）ではババガレイ，ヤナギムシガレイ，ミギガレイ等，深海性（400 m 以上）ではサメガレイ，アカガレイ，オヒョウ等があり，底刺網や底びき網で漁獲されている。また，ウシノシタ類は，食用になる種は地方による相違はあるが，ササウシノシタ科では殆ど食用にされなく，ウシノシタ科ではアカシタビラメ，クロウシノシタ，ゲンコ等の数種に過ぎず，これらの形態的，生態的情報は殆ど知られていない。

カレイ目魚類には有用種が多く，国内外共に耳石形態，年齢に関する研究が多い。形態に関する研究については，耳石外形，溝の形状等の特徴と系群判別，耳石化石等に分けて述べる。外形，溝の形状等に関する研究では，複数種を対象にしたものでは日本産のヒラメ科 3 種，ダルマガレイ科 3 種，カレイ科 7 種，カワラガレイ科 1 種，ササウシノシタ科 3 種とウシノシタ科 3 種の外形，側面形，溝の形状等の特徴（Ohe, 1985），地中海のササウシノシタ科の *Solea vulgaris* と *S. senegalensis* の成長に伴う形状の変化と溝の形状の比較（Bori, 1986）に関する報告がある。また，北西大西洋のヒラメ科 4 種，カレイ科 7 種，ウシノシタ科 1 種，Scophthalmidae 科1種の凹凸両面の写真画像が提示され（Campana, 2004），大西洋のカレイ科 1 種 Pleuronectes platessa について，耳石の処理方法が詳しく解説され，耳石表面の画像が示されている（Williams and Bedford, 1974）。さらに，南アフリカ周辺海域のコケビラメ科 1 種，ダルマガレイ科 7 種，カレイ科 3 種，Psettodidae 科 2 種，ササウシノシタ科 8 種，ウシノシタ科 5 種について，写真画像とともに形態の詳細な記載が示されている（Malcolm *et al.*, 1995）。

単一種では，瀬戸内海のアカシタビラメの外形，溝の形状等の特徴（松島，1958），室蘭近海のエゾカラスガレイの耳石外形（林，1958），ベーリング海のカラスガレイの耳石外形の左右の相違（三河，1963），伊勢湾のマコガレイの耳石形状（Suzuki, 1967），日本海南西海域のヒラメの左右耳石の相称性（篠田，1974a），米国ニュージャーシー州沖のカレイ科 Pseudopleuronectes americanus の成長に伴う耳石の大きさと形状（Sogard, 1991），米国オレゴン州沖のババガレイ属 Microstomus pacificus の外形と溝の形状（Tool *et al.*, 1993）に関する研究報告がある。系群に関する研究では，京都府沿岸のヒラメの系群（地方型）に関する報告がある（竹野ら，1997・1998）。耳石化石の研究では，北ドイツのカレイ科 2 種（Campbell, 1929），メキシコ湾沿岸のササウシノシタ科 2 種（Frizzell and Dante, 1965），カリフォルニア州沿岸部の多数種のヒラメ科とカレイ科（Fitch, 1964, 1966, 1967, 1968），静岡県掛川市，神奈川県北部のダルマガレイ科とササウシノシタ科（大江，1983, 1991）に関する報告がある。異常耳石の研究では，北海道函館湾のマガレイに関する報告がある（Mugiya, 1972）。また，カレイ目魚類は，稚幼魚以外は魚食性魚類等に捕食されることは殆どないが，オットセイの胃中に比較的多く出現し，耳石による種の判別が行われている（Brown and Mate, 1983, Tollit *et al.*, 1997）。

年齢に関する研究では，対象種が多いので，科，属別で国内外別に述べる。国内研究では，ヒラメ科

は表面観察と薄片法の両法で行われ，福岡沿岸のガンゾウビラメ（三尾ら，1974）以外はヒラメが研究対象で，神奈川県沿岸（清水・増沢，1974），日本海南西海域（篠田，1974b）青森県太平洋側（白取，1993），山形県沿岸（山洞・樋口，1977），房総海域（石田ら，1978），新潟県沿岸域（加藤ら，1987），瀬戸内海（前原，1992），三陸北部沿岸（北川ら，1994），長崎県沿岸（田代・一丸，1995），山口県沿岸（河野，1997），京都府沿岸（竹野ら，1999），鹿児島県沿岸（厚地ら，2004）のヒラメに関する報告がある。カレイ科は殆どが表面観察でおこなわれ，最も研究が多いツノガレイ属では，伊勢湾，福岡豊前海，瀬戸内海周防灘，別府湾，東京湾，福岡豊前海，紀伊水道北部海域，大阪湾，岩手県沿岸，常磐沿岸，茨城県沿岸，仙台湾のマコガレイ（Suzuki, 1967, 藤ら，1974，藤・林，1975, 植野，1977, 宮城水試，1982, 正木ら，1986, 田染，1987, Solomon *et al.*, 1987，有江・石田，1989a, 反田ら，1992, 辻野ら，1997，高杉，1996, 田中ら，1996, 和田ら，1997, 佐伯・菊地，2000, Kume *et al.*, 2006），新潟県沿岸，北海道北部沿岸，仙台湾，新潟県沿岸，青森県日本海沿岸，仙台湾のマガレイ（和田，1970, 西内，1984, Kawasaki *et al.*, 1985, 加藤，1992, Takahashi *et al.*, 1995, 佐伯，2002），南東ベーリング海，ベーリング海東部のコガネガレイ（畑中，1968, 前田，1969, 若林，1989），北海道能取湖のクロガシラカレイ（大久保，1952）に関する報告がある。アカガレイ属では，日本海北部海域，八戸近海，日本海西南海域，島根県沿岸，石狩湾のソウハチ（花村，1953，渡辺，1954, 石戸，1964, 花渕・木下，1991，道根ら，1993, Tominaga *et al.*, 1996），北海道噴火湾，東北海域，京都府沖合海域ののアカガレイ（中谷ら，1990, 北川ら，2002, 柳下ら，2006），メイタガレイ属では東シナ海・黄海，瀬戸内海周防灘，福岡県豊前海，有明海のメイタガレイ（陳・大滝，1974, 正木ら，1985, 有江・石田，1989b, 一丸・田代，1994），マツカワ属では仙台湾のホシガレイ（佐伯，2001）に関する報告がある。

その他のカレイ科は1属1種であるので，種名で示すと，仙台湾のヌマガレイ（Kosaka, 1974），北海道釧路沖，仙台湾のサメガレイ（石田ら，1952, 佐伯，1999），八戸近海のアブラガレイ（笠原，1955），八戸沿岸，日本海西南海域，東京湾，日本海青森県沿岸のムシガレイ（大内・武田，1954，石戸，1964，今岡・三栖，1969，庄司，1982, 山中，1999, 今井・宮崎，2005），仙台湾，常磐沖，若狭湾のヤナギムシガレイ（橋本，1955，高越・秋元，1976，福島水試，1975, 高橋ら，2003, Yabuki, 1989, 柳下，2005），北海道産のヒレグロ（石田・北片，1953），仙台湾，伊勢湾，東京湾，福岡豊前海，瀬戸内海周防灘のイシガレイ（Hatanaka *et al.*, 1952, Suzuki, 1966, 藤ら，1974・1975, 茨城水試，1975, 平川，1980, 庄司ら，1982, 有江ら，1988, 正木ら，1986, 森ら，1986, Uehara and Shimizu, 1996），八戸近海，仙台湾，常磐沖のミギガレイ（石戸，1964, Ogasawara and Kawasaki, 1980, 島村・五十嵐，1998）に関する研究報告がある。また，北海道周辺海域のクロガシラガレイ（森田・大原，1965, 森田ら，1966），仙台湾周辺海域のババガレイ（佐伯，1998）に関する研究報告がある。

国外の研究では，ヒラメ科，ウシノシタ科は薄片法であるが，カレイ科は大部分が表面観察である。ヒラメ科ではアメリカ北東大西洋岸，カリフォルニア海域のヒラメ属 *Paralichthys dentatus, P. california* と *P. lethostigma*（Sipe and Chittenden, 2001, MacNair Jr. *et al.*, 2001, Fisher and Thompson, 2004），カレイ科では，北海，アイリッシュ海のツノガレイ属 *Pleuronectes platessa*（Reibisch, 1989, Basimi and Grove, 1985, Rijnsdorp and Leeween, 1992），カナダ大西洋岸の *Limanda ferruginea*（Scott, 1954），英国クライド海域，カナダ大西洋岸のアカガレイ属 *Hippoglossoides platessoides*（Bagenal, 1955ab, Pitt, 1967），カナダ大西洋岸のカラスガレイ属（カラスガレイ）*Reinhardtius hippoglossoides*（Lear and Pitt, 1975），アメリカ太平洋岸のムシガレイ属 *Eopsetta jordani*（Gregory and Jow, 1976），アメリカ太平洋岸のババガレイ属 *Microstomus pacificus*（Hagerman, 1952），カナダ大西洋岸のオヒョウ属（オヒョウ）*Hippoglossus stenolepis*（Southward, 1962），アラスカ湾の太平洋オヒョウ（Piner and Wischniowski, 2004），地中海の *Lepidorhombus* 属 *Lepidorhombus boscii*（Vassilopoulou and Ondrias, 1999），北東大西洋の英国－北アフリカ近海の *Lepidorhombus whiffiagonis*（Landa and Piñiro, 2000）に関する研究報告がある。複数種を対象にした研究では，ベーリング海のアカガレイ属の *Hippoglossus stenolepis*，ツノガレイ属の *Pleuronectes quadritubercutus*，ヌマガレイ属の *Platichthys stellatus, Lepidopsetta* 属の *Lepidopsetta bilineata*（Mosher, 1954），ベーリング海峡（Chukchi Sea）のアカガレイ属と *Limanda* 属（Pruter and Alverson, 1962），ニュージーランド海域の *Rhombosolea* 属 *Rhombosolea plebeia* と *R. leporine*（Colman, 1974）に関する報告がある。また，ウシノシタ科では，バージニア州沿岸の *Symphurus* 属 *Symphurus platessa*（Terwilliger and Munroe, 1999）に関する研究報告がある。年齢査定の手法として，Christensen（1964）は主として北海のササウ

シノシタ科 Solea solea を用いて，バーニング法を，Albrechtsen (1968) や Richter and McDermott (1990) はヒラメ科 *Psetta maxima, Scophthalmus maximus* と *S. rhombus*，ツノガレイ属 *Pleuonectes platessa*，ババガレイ属 *Microstomus kitt*，ササウシノシタ科 *Solea rhombus* 等のカレイ目魚類を用いて染色法を開発し，年齢査定の向上に貢献している。

本研究において耳石を採取した標本魚は，コケビラメ科1種，ヒラメ科6種，ダルマガレイ科2種，カレイ科29種，カワラガレイ科1種，ササウシノシタ科5種，ウシノシタ科6種の合計7科50種である。

各魚種の耳石形態を記載する前に，カレイ目魚類の左右の耳石形状（耳石長，耳石高および耳石半径）と核の位置を検討する（Table 2-16, Figs. 2-34, 2-35）

硬骨魚類の耳石の長さは，カレイ目とナマズ目の一部以外は左右の耳石に相違はみられない（Wright *et al.*, 2002）。ここでは，異体類魚類の耳石の大きさや核の位置が，有眼側 eyed side と無眼側 blind side で差異があるかどうかを検討する。耳石の長さの測定箇所は，耳石長：A は長軸の前縁から後縁までの長さ，耳石高：B は短軸の最も長い部位で，耳石半径は4箇所あり，C：長軸での核の中心から前縁までの長さ，D：長軸での核の中心から後縁までの長さ，E：短軸での核の中心から下縁までの長さ，F：短軸での核の中心から上縁までの長さである。

耳石長と耳石高の大きさは，ヒラメ科のヒラメ等，カレイ科のヌマガレイ，ババガレイ，ソウハチ，ムシガレイ，ヒレグロ，イシガレイ，ミギガレイ，マコガレイ，ウシノシタ科のイヌノシタ，ミナミアカシタビラメ，アカシタビラメ，ゲンコについて検討した。耳石長，耳石高については，ゲンコの無眼側の耳石が有眼側よりも若干大きいものの，その他の魚種では相違がみられない。核からの各部位までの距離（半径）については，半径EとFについては，全ての魚種について，ほとんど差が認められなかった。半径CとDについては，ヒレグロが無眼側と有眼側間でほとんど差がなかったものの，その他の魚種では有眼側の半径Cが無眼側よりも大きく，Dが小さかった。つまり，カレイ科の殆どの魚種の耳石核の位置は，上下（背腹）方向ではほとんど差がないが，有眼側の核が無眼側よりかなり後部にあることが示された。

30-1．コケビラメ科 Citharidae

コケビラメ *Citharoides macrolepidotus*

外形は楕円形（B型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は弱い反り状型（a型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝はやや深く，欠刻部から後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められる（Ⅱ₃型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

30-2．ヒラメ科 Paralichthyidae

ヒラメ *Paralichthys olivaceus*

外形は楕円形（B型）で，前角はやや発達するが，前上角は発達せず，欠刻はやや不明確である。側面形は弱い反り状型（a型）ある。溝は欠刻部から後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められる（Ⅱ₃型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭で，表面および薄片観察で年齢査定が行われている。

アラメガレイ *Tarphops oligolepis*

外形は円形（A型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は弱い反り状型（a型）である。溝は中央部付近に，ほぼ広線形状に認められる（Ⅳ型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

ユメアラメガレイ *T. elegans*

外形は円形（A型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻はやや不明確である。側面形は反り状型（a型）である。溝はやや明確で，前縁近くから後部まで，ほぼ広線形状に認められる（Ⅳ型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

タマガンゾウビラメ *Pseudorhombus pentophthalmus*

外形は楕円形（B型）と円形（A型）で，前角と前上角は全く発達せず，欠刻は認められない。外形には，左右の耳石や個体による相違がみられる。側面形は弱い反り状型（a型）である。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は前縁近くから後部まで，ほぼ広線形状に認められる（Ⅳ型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

ナンヨウガレイ *P. oligodon*

外形は楕円形（B型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は弱い反り状型（a型）か棒状型（b型）である。溝は明確でないが，欠刻部から後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められる（Ⅱ₃型）。輪紋は，表面観察ではやや不明瞭である。

ガンゾウビラメ *P. cinnamoneus*

外形は楕円形（B型）で，前角はやや発達するが，前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は反り状型（a型）である。溝は浅く，前縁近くから後部まで，ほぼ広線形状に認められる（Ⅳ型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

ダルマガレイ科 Bothidae

ダルマガレイ *Engyprosopon grandisquama*

外形は楕円形（B型）で，前角と前上角は全く発達

Table 2-16. Difference of relative length of otolith parts (A-F) between eyed and blind side otoliths ((part length of eyed sideblind side)* 100/total body length) of Pleuronecthiformes fishies. Abbreviations see Fig. 2-34

Name		n	Otolith part					
Japanese	Scientific		A	B	C	D	E	F
Hirame	*Paralichthys olivaceus*	21	-0.03	0.05	0.11	-0.06	0.04	0.02
Numagarei	*Platichthys stellatus*	17	-0.01	0.00	0.20	-0.18	0.00	-0.01
Babagarei	*Microstomus achne*	20	-0.03	0.00	0.10	-0.11	0.00	0.00
Souhachi	*Hippoblssoides pinetorum*	20	0.02	0.02	0.33	-0.31	0.04	-0.01
Mushigarei	*Eopsetta grigorjewi*	19	-0.06	-0.03	0.31	-0.36	-0.04	-0.01
Hireguro	*Glytocephalus stelleri*	14	-0.06	-0.03	0.03	-0.11	-0.03	-0.02
Ishigarei	*Kareius bicoloratus*	20	0.00	0.01	0.21	-0.17	0.00	0.01
Migigarei	*Dexistes rikuzenius*	20	0.01	0.03	0.29	-0.31	0.03	-0.01
Makogarei	*Preuronectes yokohamae*	27	0.00	0.01	0.20	-0.18	-0.02	0.05
Inunoshita	*Cynoglossus robustus*	3	-0.02	0.04	0.11	-0.06	0.04	0.00
Minamiakashitabirame	*Cynoglossus itinus*	1	-0.04	0.04				
Akashitabirame	*Cynoglossus joyneri*	2	0.01	0.01				
Genko	Cynoglossus interruptus	5	-0.11	0.05				

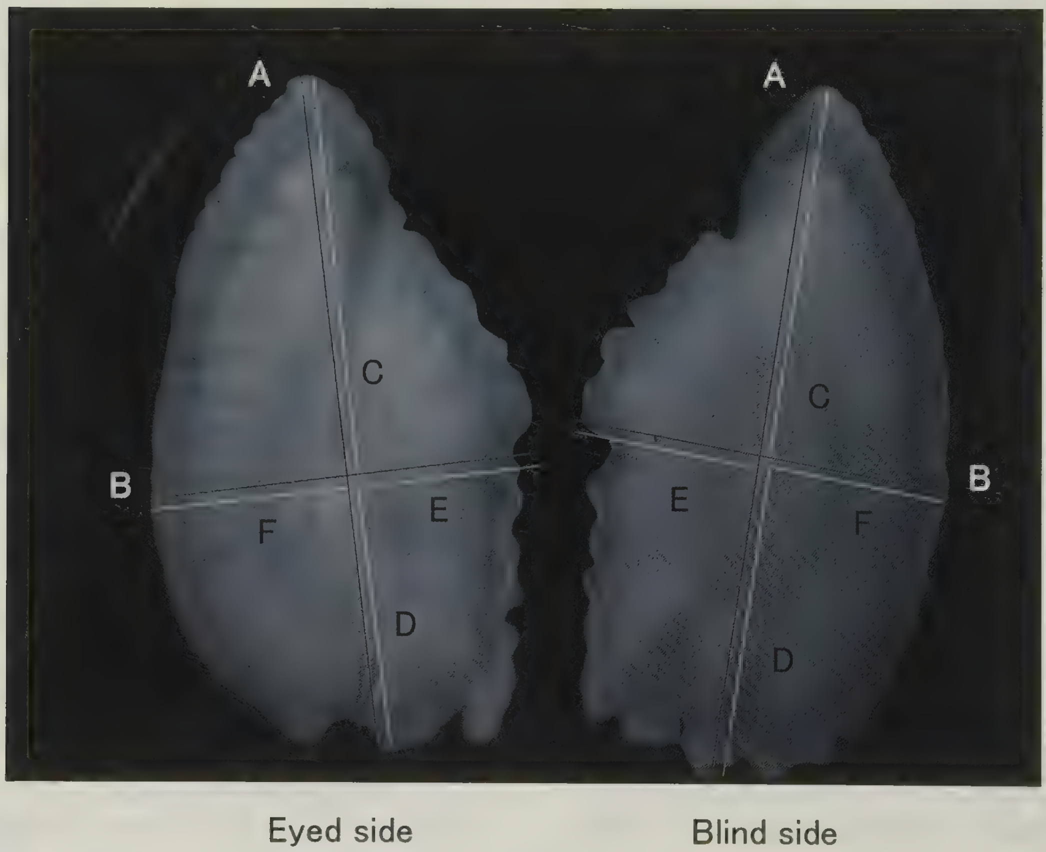


Fig. 2-34. Otolith measurements used for comparison 05 otolith morphology between eyed (left) and blind (right) sides (Hirame, *Paralichthys olivaceus*, Female 535 mm in TL).

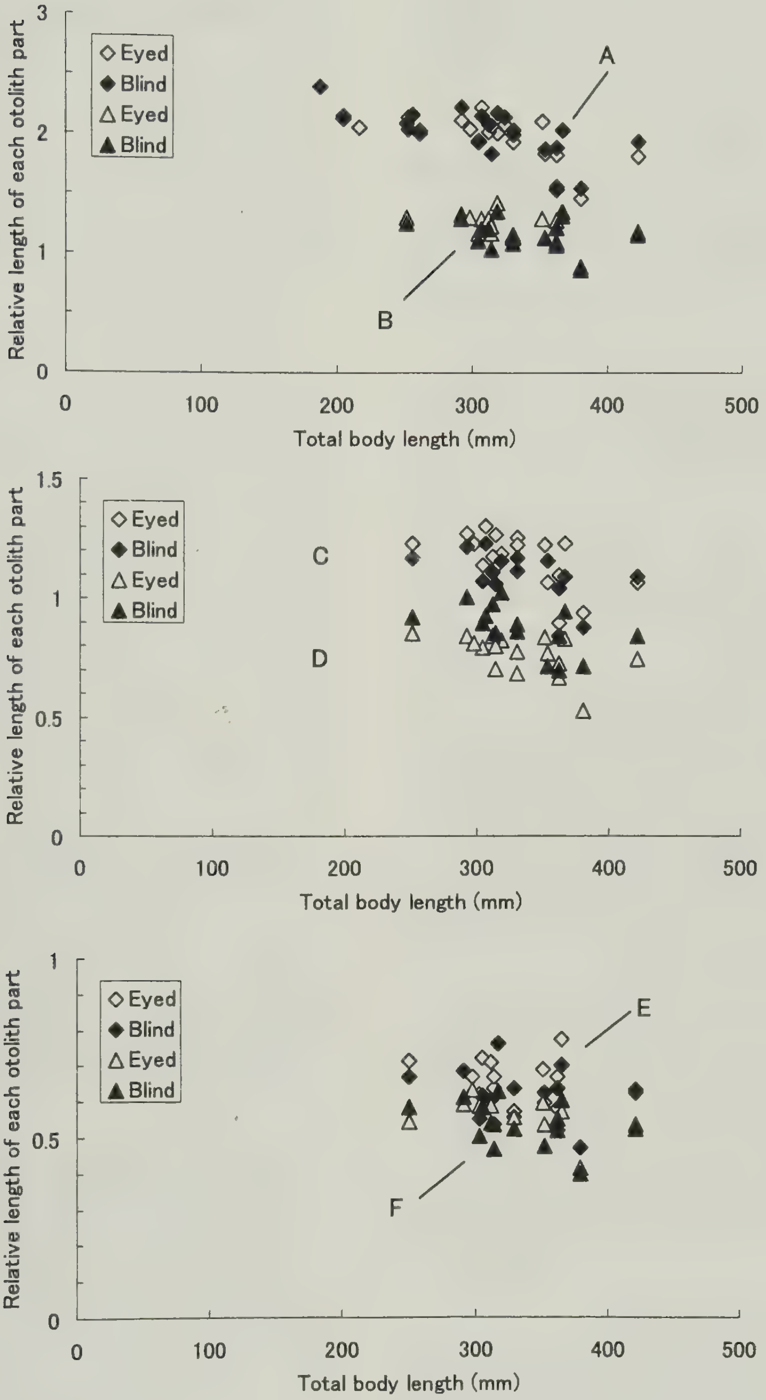


Fig. 2-35. Comparison of relative length of otolith parts (A-F) to total body length between eyed and blind side otoliths of hirame, *Paralichthys olivaceus*. Abbreviations see Fig. 2-34.

せず, 欠刻は認められない。側面形は弱い反り状型（a型）である。溝は前縁から後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められる（Ⅱ$_3$型)。輪紋は，表面観察ではやや不明瞭である

ヤリガレイ *Laeops kitaharae*

外形は楕円形（B型）で，前角と前上角はあまり発達せず, 欠刻はやや不明確である。側面形は棒状型（b型）か弱い逆反り型（E型）である。溝は欠刻部から中央付近まで認められる（Ⅲ型)。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

30-3．カレイ科 Pleuronectidae

ヌマガレイ *Platichthys stellatus*

外形は楕円形（B型）で，前角はやや発達するが，前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は弱い反り状型（a型）である。溝は欠刻部付近から中央と後縁の中間付近まで, ほぼ広線形状に認められる（Ⅳ型)。輪紋は，表面観察でやや明瞭で，年齢査定が可能である。

サメガレイ *Clidoderma asperrimum*

外形は楕円形（B型）で，前角はやや発達するが，前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は弱い反り状型（a型）である。溝は後部に括れがあり，前縁付近から中央と後縁の中間付近まで，ほぼ広線形状（あるいは棒状）に認められる（Ⅳ型)。輪紋は表面観察で明瞭で，年齢査定に用いられている。

メイタガレイ *Pleuronichthys cornutus*

外形は楕円形（B型）で，前角はやや発達するが，前上角は発達せず，欠刻はやや明確である。側面形は棒状型（b型）か半広線形型（c型）である。溝は明確でないが，欠刻部から後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められる（Ⅱ$_3$型)。また，溝の隆起が欠刻部から離れている個体もある（Ⅳ型)。輪紋は，表面観察でやや明瞭であるが, 薄片法で明瞭に観察され, 年齢査定に用いられている。

ナガレメイタガレイ *Pleuronichthys* sp.

外形は楕円形（B型）で, 前角と前上角は発達せず, 欠刻は不明確である。側面形は弱い逆反り状型(e型)。凹面には，弱い隆起がほぼ全面にみられる。溝は欠刻部付近から中央と後縁の中間付近まで，ほぼ広線形状に認められる（Ⅳ型)。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

ババガレイ *Microstomus achne*

外形は楕円形（B型）で, 前角と前上角は発達せず, 欠刻は不明確である。側面形は弱い反り状型（a型）である。凹面には，弱い隆起が中央から後部にみられる。溝は浅く明確でないが，欠刻部から中央付近まで認められ，後端は細くなる（Ⅲ型)。輪紋は，表面観察でやや明瞭で，年齢査定が可能である。

ホシガレイ *Verasper variegatus*

外形は楕円形（B型）で, 前角と前上角は発達せず, 欠刻はやや不明確である。側面形は弱い反り状型（a型）である。溝は後部で括れ細くなり，欠刻部付近から中央と後縁付近まで, ほぼ広線形状に認められる（Ⅳ型)。輪紋は表面観察で明瞭で, 年齢査定が可能である。

マツカワ *V. moseri*

外形は楕円形（B型）で，前角はやや発達するが，前上角は発達せず，欠刻はやや不明確である。側面形は弱い反り状型（a型）である。溝は後部で括れ細くなり，欠刻部付近から中央と後縁の中間付近まで，ほぼ広線形状に認められる（Ⅳ型)。輪紋は，表面観察でやや明瞭で，年齢査定は可能である。

オヒョウ *Hippoglossus stenolepis*

外形は楕円形（B型）で，前角は発達し，前上角も発達するので，欠刻はやや明確である。側面形は弱い反り状型（a型）か棒状型（b型）である。溝は欠刻部から後方に延び，中央と後縁の中間付近まで認められる（Ⅱ$_3$型)。輪紋は表面観察で明瞭で，年齢査定が可能である。

カラスガレイ *Reinhardtius hippoglossoides*

外形は外縁の凹凸が顕著で，内部に小孔がある不定形（Ⅰ型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確である。外形には，左右の耳石の変異や個体により相違がみられる。側面形は弱い反り状型(a型)である。溝は明確でないが，後部で括れ細くなり，ほぼ中央部に広線形状で認められる（Ⅳ型)。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

アブラガレイ *Atheresthes evermanni*

外形は楕円形（B型）で, 前角と前上角は発達せず, 欠刻はやや不明確である。外形は左右の耳石に相違がみられる。側面形は弱い反り状型（a型）である。溝は後部で括れ細くなり，前縁付近から中央と後縁の中間付近まで，ほぼ広線形状（あるいは棒状）に認められる（Ⅳ型)。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

ムシガレイ *Eopsetta grigorjewi*

外形は楕円形（B型）で，前角はやや発達するが，前上角は発達せず，欠刻はやや不明確であるが，個体による相違がみられる。側面形は弱い反り状型（a型）である。溝は欠刻部から後方に延び，中央後部で括れ細くなり，中央と後縁の中間付近まで認められる（Ⅱ$_3$型)。輪紋は，表面観察では明瞭で，年齢査定に用いられている。

ウロコメガレイ *Acanthopsetta nadeshnyi*

外形は円形に近い楕円形（B型）で，前角と前上角

は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は棒状型（b型）である。凹面には，弱い隆起が中央部にみられる。溝の形状は不明である。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

ソウハチ *Hippoblssoides pinetorum*

外形は楕円形（B型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻はやや不明確である。側面形は棒状型（b型）である。溝は後部で括れ細くなり，ほぼ広線形状に認められる（Ⅳ型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭で，年齢査定に用いられている。

アカガレイ *H. dubius*

外形は楕円形（B型）で，前角と前上角は全く発達せず，欠刻は認められない。外形は個体による相違がみられる。側面形は弱い反り状型（a型）か棒状型（b型）である。凹面には，弱い隆起が中央部にみられる。溝は明確でないが，後部でやや括れ細くなり，前縁付近から中央と後縁の中間付近まで，ほぼ広線形状に認められる（Ⅳ型）。溝の形状には個体による相違がみられる。輪紋は，表面観察でやや明瞭で，表面および薄片観察で年齢査定に用いられている。

ウマガレイ *H. elassodon*

外形は楕円形（B型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は弱い反り状型（a型）である。溝の形状は不明である。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

ドロガレイ *H. robustus*

外形は円形に近い楕円形（B型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は弱い反り状型（a型）である。溝の形状は不明である。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

ヤナギムシガレイ *Tanakius kitaharai*

外形は楕円形（B型）で，前角はやや発達するが，前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は棒状型（b型）か弱い逆反り状型（e型）である。溝は中央部で括れ細くなり，ほぼ長楕円形状に認められる（Ⅳ型）。溝の形状には，耳石の左右による相違がみられる。輪紋は，表面観察でやや明瞭で，表面および薄片観察で年齢査定が行われている。

ヒレグロ *Glytocephalus stelleri*

外形は円形（A型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は棒状型（b型）か弱い逆反り状型（e型）である。溝は後部で括れ細くなり，ほぼ広線形状に認められる（Ⅳ型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

イシガレイ *Kareius bicoloratus*

外形は楕円形（B型）で，前角はやや発達するが，前上角は発達せず，欠刻はやや不明確である。側面形は反り状型（a型）である。溝は中央部でやや括れ，ほぼ広線形状（あるいは棒状）に認められる（Ⅳ型）。輪紋は表面観察で明瞭で，年齢査定が可能である。

ミギガレイ *Dexistes rikuzenius*

外形は楕円形（B型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻はやや不明確である。側面形は棒状型（b型）である。溝は後部で括れ，前縁付近から中央と後縁の中間付近に，ほぼ広線形状に認められる（Ⅳ型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭で，年齢査定が可能である。

ツノガレイ *Preuronectes quadrituberculatus*

外形は後部が幅広い楕円形（B型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は棒状型（b型）である。溝は中央部で括れ，ほぼ広線形状（あるいは棒状）に認められる（Ⅳ型）。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

クロガレイ *P. obscurus*

外形は楕円形（B型）で，前角と前上角はあまり発達しないが，欠刻はやや明確である。側面形は弱い反り状型（a型）である。溝は後部で括れ細くなり，前縁部から中央と後縁の中間付近に，ほぼ広線形状に認められる（Ⅳ型）。輪紋は表面観察で明瞭である。

スナガレイ *P. punctatissimus*

外形は楕円形（B型）で，前角と前上角はやや発達し，欠刻は明確である。側面形は棒状型（b型）か，弱い反り状型（a型）である。溝は浅く，後部でやや括れ細くなり，中央部から後部に，ほぼ広線形状に認められる（Ⅳ型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

ハナガレイ *P. proboscideus*

外形は楕円形（B型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻はやや不明確である。側面形は反り状型（a型）である。溝は欠刻部付近から中央と後縁の中間付近に，ほぼ広線形状に認められる（Ⅳ型）。溝の形状には，左右の耳石で相違がみられる。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

シュムシュガレイ *P. bilineatus*

外形は楕円形（B型）で，前角はやや発達するが，前上角は発達せず，欠刻は不明確である。外形には個体による相違がみられる。側面形は弱い反り状型（a型）か棒状型（b型）である。凹面には，弱い隆起が下部にみられる。溝の形状は不明である。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

アサバガレイ *P. mochigarei*

外形は楕円形（B型）で，前角はやや発達するが，前上角は発達せず，欠刻はやや不明確である。外形や欠刻には，個体による相違がみられる。側面形は弱い反り状型（a型）か棒状型（b型）である。溝の形状は不明である。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

マガレイ *P. herzensteini*

外形は楕円形（B型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は棒状型（b型）である。溝は明確でないが，後部でやや括れ，中央部から後部付近に，ほぼ広線形状に認められる（Ⅳ型）。輪紋は表面観察で明瞭で，年齢査定に用いられている。

マコガレイ *P. yokohamae*

外形は楕円形（B型）で，前角はやや発達するが，前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は反り状型（a型）である。溝は後端で僅かに下方に曲がるが，欠刻部付近から中央と後縁の中間付近に，ほぼ広線形状に認められる（Ⅳ型）。また，溝の隆起が欠刻部から始まる個体がある（Ⅱ_3型）。輪紋は表面観察で明瞭で，年齢査定に用いられている。

コガネガレイ *P. asper*

外形は楕円形（B型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は弱い反り状型（a型）である。溝は浅く，中央の上部付近に，ほぼ広線形状に認められる（Ⅳ型）。溝の長さは左右の耳石で異なっている。輪紋は，表面観察でやや明瞭で，年齢査定が可能である。

30-4．カワラガレイ科 Poecilopsettidae

カワラガレイ *Poecilopsetta plinthus*

外形は楕円形（B型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確である。外形の輪郭は左右でかなり異なっている。側面形は反り状型（a型）である。溝は欠刻部から中央付近まで認められる（Ⅲ型）。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

30-5．ササウシノシタ科 Soleidae

ササウシノシタ *Heteromycteris japonica*

外形は楕円形（B型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確であるが，個体による相違がみられる。側面形は弱い反り状型（a型）である。溝は欠刻部から後方に延び，中央と後縁の中間付近まで，ほぼ三角形状に認められる（Ⅱ_3型）。溝の形状や位置は，個体による相違がみられ，欠刻部から離れた形状（Ⅳ型）もある。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

モヨウウシノシタ *Aseraggodes kaianus*

外形は円形（A型）で，前角と前上角は全く発達せず，欠刻は認められない。外形は左右の耳石で異なる。側面形は弱い反り状型（a型）か棒状型（b型）である。溝は後部で括れ細くなり，中央部から後部付近に，ほぼ広線形状に認められる（Ⅳ型）。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

トビササウシノシタ *A. kobensis*

外形は円形（A型）と楕円形（B型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確である。外形は，左右の耳石や個体による相違がみられる。側面形は弱い反り状型（a型）か棒状型（b型）である。溝は明確でないが，後部で括れやや細くなり，中央部から後部付近に，ほぼ広線形状に認められる（Ⅳ型）。輪紋は表面観察で明瞭である。

セトウシノシタ *Pseudaesopia japonica*

外形はやや円形に近い楕円形（B型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻はやや不明確である。外形には個体による相違がみられる。側面形は棒状型（b型）か弱い反り状型（a型）である。溝は明確でないが，後部でやや括れ，前部から中央部付近に，ほぼ広線形状に認められる（Ⅳ型）。溝の形状には，個体による相違がみられる。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

シマウシノシタ *Zebrias zebrinus*

外形は円形に近い楕円形（B型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻はやや不明確である。側面形は反り状型（a型）である。溝は明確でないが，中央部付近に，ほぼ広線形状に認められる（Ⅳ型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

30-6．ウシノシタ科 Cynoglossidae

クロウシノシタ *Paraplagusia japonica*

外形は円形に近い楕円形（B型）で，前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は反り状型（a型）である。溝は明確でないが，中央から後部付近まで，細長い三角形状に認められる（Ⅳ型）。溝の長さは個体による相違がみられる。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

イヌノシタ *Cynoglossus robustus*

外形は楕円形（B型）で，前角と前上角は全く発達せず，欠刻は認められない。側面形は弱い逆反り状型（e型）である。凹面には，弱い隆起が中央部にみられる。溝は浅く，後部で括れ細くなり，前縁付近から中央と後縁の中間付近に，ほぼ広線形状に認められる（Ⅳ型）。輪紋は，表面観察ではやや不明瞭である。

ミナミアカシタビラメ *C. itinus*

外形は楕円形（B型）で，前角はやや発達し，前上角は発達しないが，欠刻はやや明確である。側面形はやや弱い反り状型（a型）である。溝は欠刻部付近から中央と後縁の中間付近に，ほぼ広線形状（あるいは棒状）に認められる（Ⅳ型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

アカシタビラメ *C. joyneri*

外形は四角形状の楕円形（B型）で，前角と前上角

は発達せず，欠刻はやや不明確である。側面形は弱い反り状型（a 型）である。溝は浅く明確でないが，欠刻部から後方に延び，後端で下部に曲がり，後縁付近まで認められる（B_2型）。別の標本では前縁から後縁付近に，ほぼ広線形状に認められる（Ⅳ型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭である。

ゲンコ *C. interruptus*

外形は三角形状の楕円形（B 型）で，前角と前上角は全く発達せず，欠刻は認められない。側面形は弱い反り状型（a 型）である。溝は明確でないが，前縁から後縁付近に，ほぼ細長い三角形状に認められる（Ⅳ型）。溝の形状や長さは，左右や個体による相違がみられる。輪紋は，表面観察ではやや不明瞭である。

ヒレグロゲンコ *C. nigropinnatus*

形状は三角形状の楕円形（B 型）で，前角と前上角は全く発達せず，欠刻は認められない。側面形は反り状型（a 型）である。溝は明確でないが，前縁から後縁付近に，ほぼ広線形状に認められる（Ⅳ型）。輪紋は，表面観察ではやや不明瞭である。

カレイ目魚類の耳石長比および相対耳石サイズを種間で比較する。耳石長比は1.02 ～ 1.84の範囲で，カレイ科のメイタガレイが最も大きく，ヒラメ科のユメアラメガレイが最も小さい。体長による耳石長比の相違は，ヒラメ科ではヒラメ，カレイ科ではヌマガレイ，メイタガレイ，ババガレイ，ムシガレイ，ヒレグロとマコガレイに相違がみられない。耳石長比の平均値は，ヒラメ科が1.30（1.02 ～ 1.64），ダルマガレイ科が1.36（1.35 ～ 1.36），カレイ科が1.48（1.10 ～ 1.84），ササウシノシタ科が1.23（1.09 ～ 1.33），ウシノシタ科が1.26（1.18 ～ 1.34）で，カレイ科がやや大きい。カレイ科では，ヒレグロの耳石長比が1.10で，同じ科の魚種に比べかなり小さい。

相対耳石サイズは10.75 ～ 28.81の範囲で，カレイ科のミギガレイが最も大きく，ササウシノシタ科のシマウシノシタが最も小さい。体長の大きさによる相違は，ヒラメ科ではヒラメ，カレイ科ではヌマガレイ，ババガレイ，ムシガレイ，ヒレグロとマコガレイにわずかにみられる程度である。科別の平均値は，ヒラメ科が22（18 ～ 26），ダルマガレイ科が17（16.5 ～ 17.0），カレイ科が20（12 ～ 29），ササウシノシタ科が20（11 ～ 25），ウシノシタ科が18（13 ～ 22）で，ヒラメ科が若干大きいが，4 科には殆ど相違がみられない。コケビラメ科（コケビラメ）は，標本が 1 種であるが，相対耳石サイズが27で最も大きい。体長と耳石相対サイズとの関係では，全体として体長が大きくなるにつれて，サイズが小さくなる傾向がややみられる。

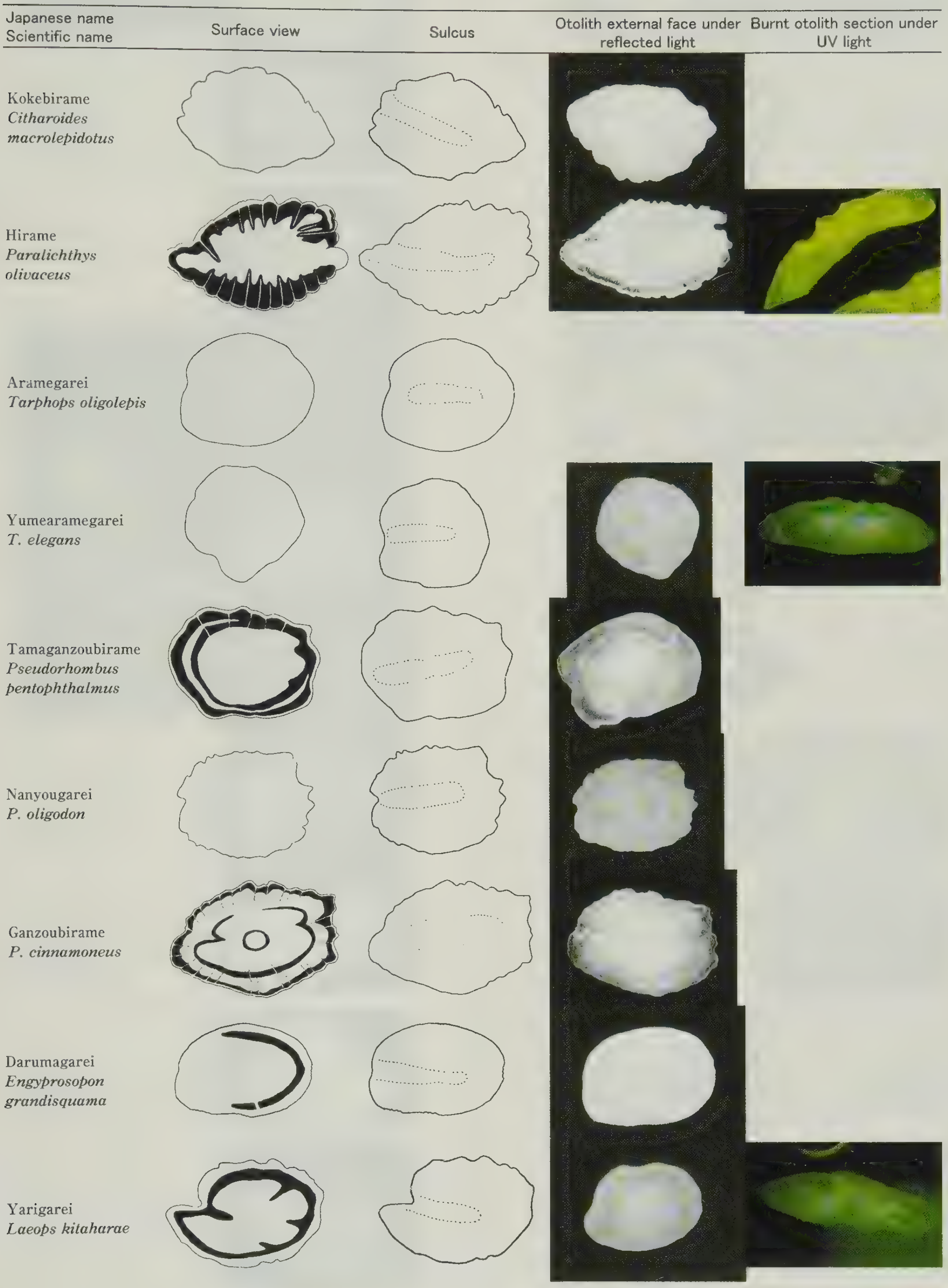
カレイ目魚類の耳石形態の特徴をまとめると，外形は全体のほぼ 9 割が楕円形（B 型）である。欠刻が明確な魚種は少ない。側面形は反り状型（a 型，6 割以上）か棒状型（b 型）が多く，弱い逆反り型（e 型）がカレイ科とウシノシタ科にみられる。溝は溝の状態は全体的に浅いが，Ⅳ型が最も多く約 7 割を占め，次いでⅡ型（約 2 割）が多くⅢ型は少ない。Ⅳ型主体の溝の形状はカレイ目魚類の特徴の一つであると推測される。形状コードの組み合わせは，多くのパターンがみられるが，B-a-Ⅳ型（39%）が主体で，B-a-$Ⅱ_3$型（14 %），B-b-Ⅳ型（12 %），A-a-Ⅳ型（7 %）の順となる。耳石長比は1.02 ～ 1.84の範囲で，カレイ科がやや大きいものの各科間にはあまり相違がみられない。相対耳石サイズは11 ～ 29の比較的狭い範囲で，カレイ科のミギガレイが最も大きく，ササウシノシタ科のシマウシノシタが最も小さい。全体的には，体長が大きくなるにつれて，サイズが小さくなる傾向がややみられる。

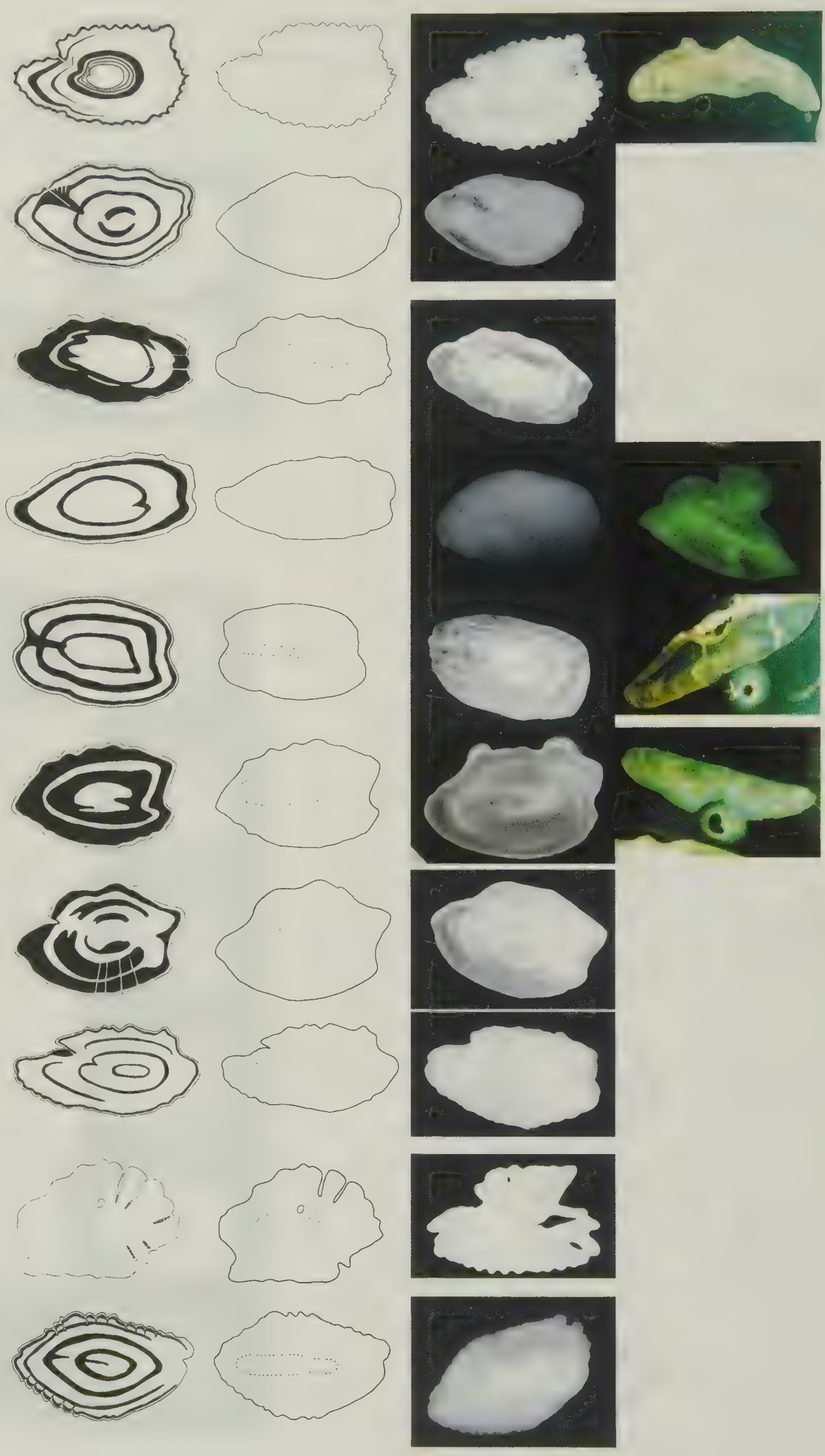
カレイ目魚類は左（有眼側）と右（無眼側）で耳石の構造が異なることが特徴である。十数種について耳石長と耳石半径を左右間で比較した結果，左右の耳石の耳石長では僅かに相違がある数種以外は，殆ど相違が認められない。耳石半径は，ヒラメ科（ヒラメ）では若干有眼側が大きい程度で殆ど差がない。カレイ科では，無眼側の耳石の核がほぼ耳石の中心にあるのに対し，有眼側の核は耳石の中心よりかなり後部にある。雌雄による相違は，ヒラメやカレイ科（ムマガレイ，マコガレイ等）では認められなかった。これまでの年齢，成長研究で，年齢査定に用いられた耳石は，1）無眼側，2）有眼側，3）耳石の大きい方，4）左右の耳石（平均値）で，査定者によって様々ではあるが，殆どが無眼側の耳石を使用している。これは，核が耳石のほぼ中心にあるのが第一の理由と推測されるが，コガネガレイやマガレイでは有眼側，イシガレイでは大きい方の耳石が使用されている。若林（1989）はコガネガレイの年齢査定で，有眼側を使用しており，1）輪紋半径が大きい，2）面が平坦で研磨し易い，3）輪紋が明瞭である，との理由から有眼側を選択している。輪紋が明瞭な年輪であり，耳石の成長が前後に平均的であるならば，核が中心付近にある耳石を使用するのが妥当で，従来の査定は殆ど間違っていない。また異常（奇形）耳石については，Mugiya（1972）がマガレイにおける出現を報告している。本研究で採取した標本（東北海域）では，他の目魚類に比べ出現する種数が多く，ヒラメ，ヌマガレイ，マコガレイ，サメガ

Table 2-17. Sample list used for otolith measurement (Pleuronectiformes)

Family	Japanese name	Scientific name	Abbre-viation	Size category	Sample size	Mean total length	Range	Otolith length (mm)	Otolith width (mm)	Otolith area index	Length:height ratio	Relative otolith size	Code of external-side-sulcus forms		
Citharidae															
	Kokebirame	*Citharoides macrolepidotus*	Cm		2	99	98-100	2.70	1.85	5.05	1.46	22.27	B	a	II$_3$
Paralichthyidae															
	Hirame	*Paralichthys olivaceus*	Po	Small	7	161	131-187	3.71	2.26	5.21	1.65	23.02	B	a	II$_1$
			Po	Medium	20	315	292-362	6.28	3.89	7.76	1.62	19.97			
			Po	Large	3	449	402-514	8.26	5.01	9.22	1.66	18.50			
	Aramegarei	*Tarphops oligolepis*	To		5	80	64-91	2.02	1.89	4.77	1.07	25.43	A	a	IV
	Yumearamegarı	*T. elegans*	Te		2	80	76-83	2.07	2.04	5.28	1.02	26.03	A	a	IV
	Tamaganzoubir	*Pseudorhombus pentophthalmu*	Pp		8	126	72-294	2.94	2.42	5.65	1.19	23.69	A,B	a	IV
	Nanyougarei	*P. oligodon*	Pf		6	248	209-294	4.48	3.29	5.94	1.36	18.05	B	a,b	II$_3$
	Ganzoubirame	*P. cinnamoneus*	Pc		3	209	182-247	4.37	2.93	6.13	1.50	21.24	B	a	IV
Bothidae															
	Darumagarei	*Engyprosopon grandisquama*	Eg		1	182	182	3.10	2.30	3.92	1.35	17.03	B	a	II$_3$
	Yarigarei	*Laeops kitaharae*	Lk		2	147	131-162	2.42	1.78	2.93	1.36	16.50	B	b,e	III
Pleuronectidae															
	Numagarei	*Platichthys stellatus*	Ps	Small	10	151	130-177	3.92	2.56	6.65	1.54	22.46	B	a	IV
			Ps	Large	5	249	224-296	5.02	3.28	6.61	1.53	20.14			
	Samegarei	*Clidoderma asperrimum*	Ca		9	263	202-365	4.11	2.88	4.50	1.43	15.80	B	a	IV
	Meitagarei	*Pleuronichthys cornutus*	Pm	Small	8	148	124-160	2.90	1.69	3.31	1.75	19.59	B	b,e	II$_3$,IV
			Pm	Large	5	223	194-257	3.96	2.07	3.68	1.92	17.75			
	Nagaremeitagar	*P.* sp.	Psp		1	309	309	5.05	3.60	5.88	1.40	16.34	B	e	IV
	Babagarei	*Microstomus achne*	Ma	Small	10	168	148-186	2.28	1.50	2.04	1.52	13.61	B	a	III
			Ma	Large	20	371	322-396	3.74	2.31	2.33	1.63	10.08			
	Hoshigarei	*Verasper variegates*	Vv		5	388	322-511	4.68	3.11	3.75	1.48	12.23	B	a	IV
	Matsukawa	*V. moseri*	Vm		3	353	313-396	4.18	2.88	3.41	1.46	11.91	B	a	IV
	Ohyou	*Hippoglossus stenolepis*	Hs		3	566	347-935	9.15	5.17	8.36	1.79	16.99	B	a,b	II$_3$
	Karasugarei	*Reinhardtius hippoglossoides*	Rh		5	620	401-792	10.47	7.60	12.83	1.38	16.89	I	a	IV
	Aburagarei	*Atheresthes evermanni*	Ae		7	335	206-392	7.99	5.11	12.19	1.55	23.79	B	a	IV
	Mushigarei	*Eopsetta grigorjewi*	Eg	Small	10	158	136-189	4.09	2.48	6.42	1.65	25.99	B	a	II$_3$
			Eg	Large	10	246	210-273	5.04	3.27	6.70	1.68	22.20			
	Urokomegarei	*Acanthopsetta nadeshnyi*	An		1	151	151	3.10	2.50	5.13	1.24	20.52	B	b	nd
	Souhachi	*Hippoblssoides pinetorum*	Hp		20	180	152-201	5.12	3.80	10.81	1.35	28.45	B	b	IV
	Akagarei	*H. dubius*	Hd		3	304	265-340	6.45	5.13	10.88	1.27	21.05	B	a,b	IV
	Umagarei	*H. elassodon*	He		7	305	224-388	6.57	5.01	10.79	1.31	21.42	B	a	nd
	Dorogarei	*H. robustus*	Hr		2	299	250-347	7.02	5.83	13.69	1.20	22.91	B	a	IV
	Yanagimushiga	*Tanakius kitaharai*	Tk		3	205	179-237	3.73	2.55	4.64	1.46	18.23	B	b,e	IV
	Hireguro	*Glytocephalus stelleri*	Gs	Small	12	174	144-241	3.79	3.40	7.41	1.12	21.89	A	b,e	IV
			Gs	Large	2	288	286-289	5.42	5.03	9.47	1.08	18.33			
	Ishigarei	*Kareius bicoloratus*	Kb		20	300	251-343	6.19	3.61	7.45	1.71	21.05	B	a	IV
	Migigarei	*Dexistes rikuzenius*	Dr		20	171	157-191	4.97	3.06	8.89	1.61	28.81	B	b	IV
	Tsunogarei	*Pleuronectes quadrituberculatu*	Pq		5	350	285-437	7.77	6.08	13.50	1.27	22.16	B	b	IV
	Kurogarei	*P. obscurus*	Pk		4	228	191-251	4.33	2.58	4.90	1.70	18.98	B	a	IV
	Sunagarei	*P. punctatissimus*	Ps		3	191	179-209	3.96	3.05	6.32	1.30	20.71	B	a,b	IV
	Hanagarei	*P. proboscideus*	Ph		1	296	296	4.70	3.40	5.40	1.38	15.87	B	a	IV
	Shumushugarei	*P. bilineatus*	Pb		13	290	236-408	5.56	3.77	7.23	1.48	19.30	B	a,b	nd
	Asabagarei	*P. mochigarei*	Pg		2	299	298-300	5.78	3.67	7.09	1.58	19.32	B	a,b	nd
	Magarei	*P. herzensteini*	Pz		6	206	137-238	5.00	3.01	7.31	1.66	24.56	B	b	IV
	Makogarei	*P. yokohamae*	Py	Small	10	181	125-221	3.90	2.22	4.78	1.78	21.51	B	a	IV
			Py	Large	10	281	256-352	5.36	2.99	5.70	1.79	19.06			
	Koganegarei	*P. asper*	Pa		2	250	203-296	5.80	4.08	9.47	1.42	23.15	B	a	IV
Poecilopsettidae															
	Kawaragarei	*Poecilopsetta plinthus*	Pl		1	87	87	1.70	1.20	2.34	1.42	19.54	B	a	III
Soleidae															
	Sasa-ushinoshit	*Heteromycteris japonica*	Hj		3	108	93-119	2.48	1.87	4.29	1.33	23.01	B	a	II$_3$,IV
	Moyou-ushinos	*Aseraggodes kaianus*	Ak		2	109	104-113	2.57	2.37	5.59	1.09	23.25	A	a,b	IV
	Tobisasa-ushin	*A. kobensis*	Ao		3	99	98-99	2.45	1.99	4.92	1.23	24.65	A,B	a,b	IV
	Seto-ushinoshit	*Pseudaesopia japonica*	Pj		8	164	141-191	2.64	2.09	3.36	1.28	16.13	B	a,b	IV
	Shima-ushinosh	*Zebrias zebra*	Zz		1	251		2.70	2.20	2.37	1.23	10.75	B	a	IV
Cynoglossidae															
	Kuro-ushinoshi	*Paraplagusia japonica*	Pr		3	238	190-315	3.05	2.46	3.15	1.23	12.90	B	a	IV
	Inunoshita	*Cynoglossus robustus*	Cr		3	336	314-350	4.99	3.51	5.21	1.43	15.03	B	e	IV
	Minamiakashitabirame	*C. itinus*	Ci		2	120	119-121	2.43	1.88	3.81	1.30	20.10	B	a	IV
	Akashitabirame	*C. joyneri*	Cj		2	197	194-200	2.95	2.45	3.67	1.21	14.97	B	a	II$_2$,IV
	Genko	*C. interruptus*	Cg		5	125	99-153	2.88	2.16	4.98	1.29	22.26	B	a	IV
	Hiregurogenko	*C. nigropinnatus*	Cn		2	111	109-113	2.50	2.10	4.73	1.18	22.29	B	a	IV

Fig. 2-36. Illustrations of otolith external form and sulcus, and photographs of otolith external face under reflected light and burnt otolith section under UV light (Pleuronectiformes, Tetraodontiformes).





Numagarei
Platichthys stellatus

Samegarei
Clidoderma asperrimum

Meitagarei
Plauronichthys cornutus

Nagaremeitagarei
P. sp.

Babagarei
Microstomus achne

Hoshigarei
Verasper variegates

Matsukawa
V. moseri

Ohyou
Hippoglossus stenolepis

Karasugarei
Reinhardtius hippoglossoides

Aburagarei
Atheresthes evermanni

Mushigarei
Eopsetta grigorjewi

Urokomegarei
Acanthopsetta nadeshnyi

Souhachi
Hippoblssoides pinetorum

Akagarei
H. dubius

Umagarei
H. elassodon

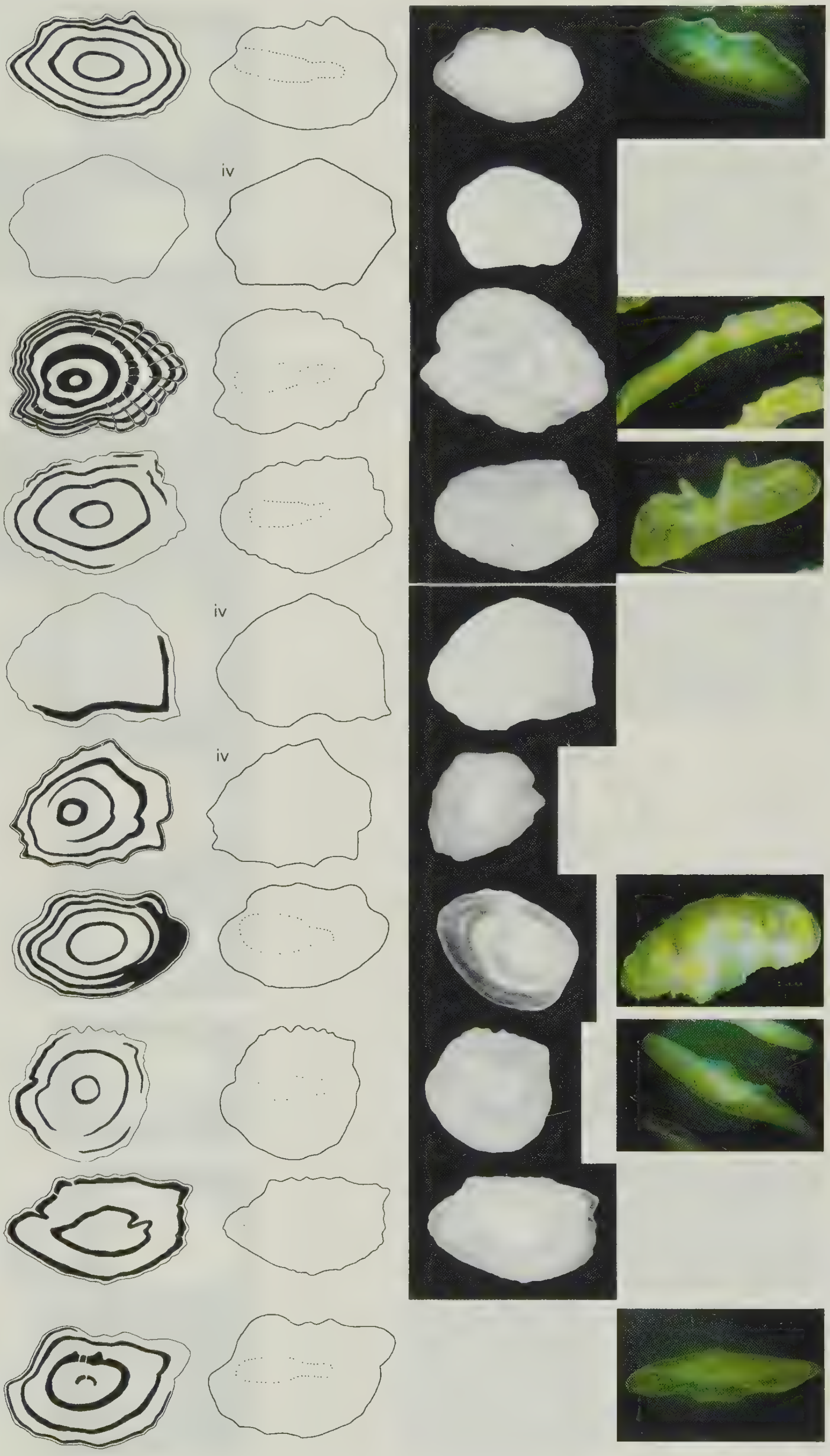
Dorogarei
H. robustus

Yanagimushigarei
Tanakius kitaharai

Hireguro
Glytocephalus stelleri

Ishigarei
Kareius bicoloratus

Migigarei
Dexistes rikuzenius



Tsunogarei
Pleuronectes quadrituberculatus

Kurogarei
P. obscurus

Sunagarei
P. punctatissimus

Hanagarei
P. proboscideus

Shumushugarei
P. bilineatus

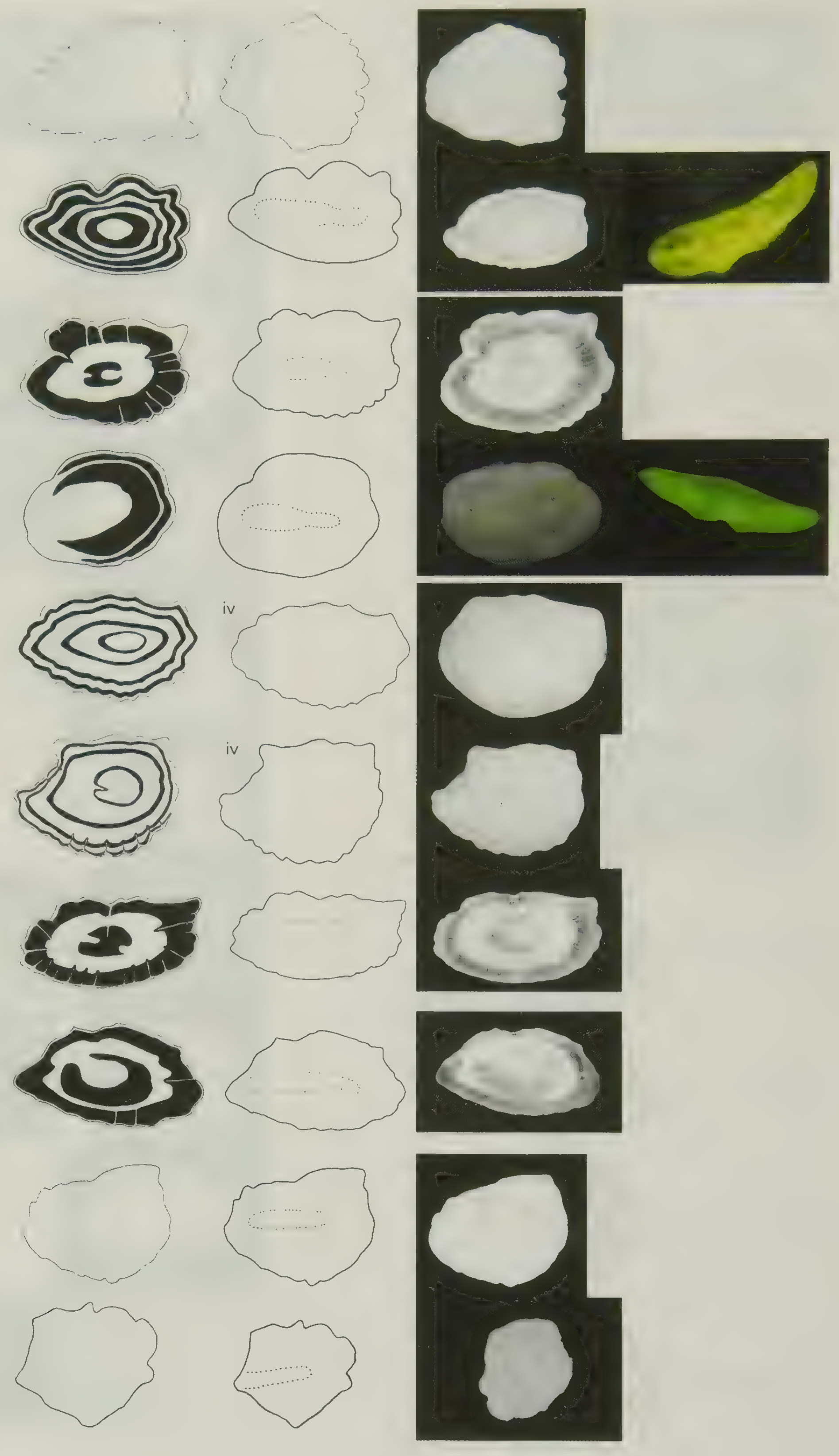
Asabagarei
P. mochigarei

Magarei
P. herzensteini

Makogarei
P. yokohamae

Koganegarei
P. asper

Kawaragarei
Poecilopsetta plinthus



Sasa-ushinoshita
Heteromycteris japonica

Moyou-ushinoshita
Aseraggodes kaianus

Tobisasa-ushinoshita
A. kobensis

Seto-ushinoshita
Pseudaesopia japonica

Shima-ushinoshita
Zebrias zebrinus

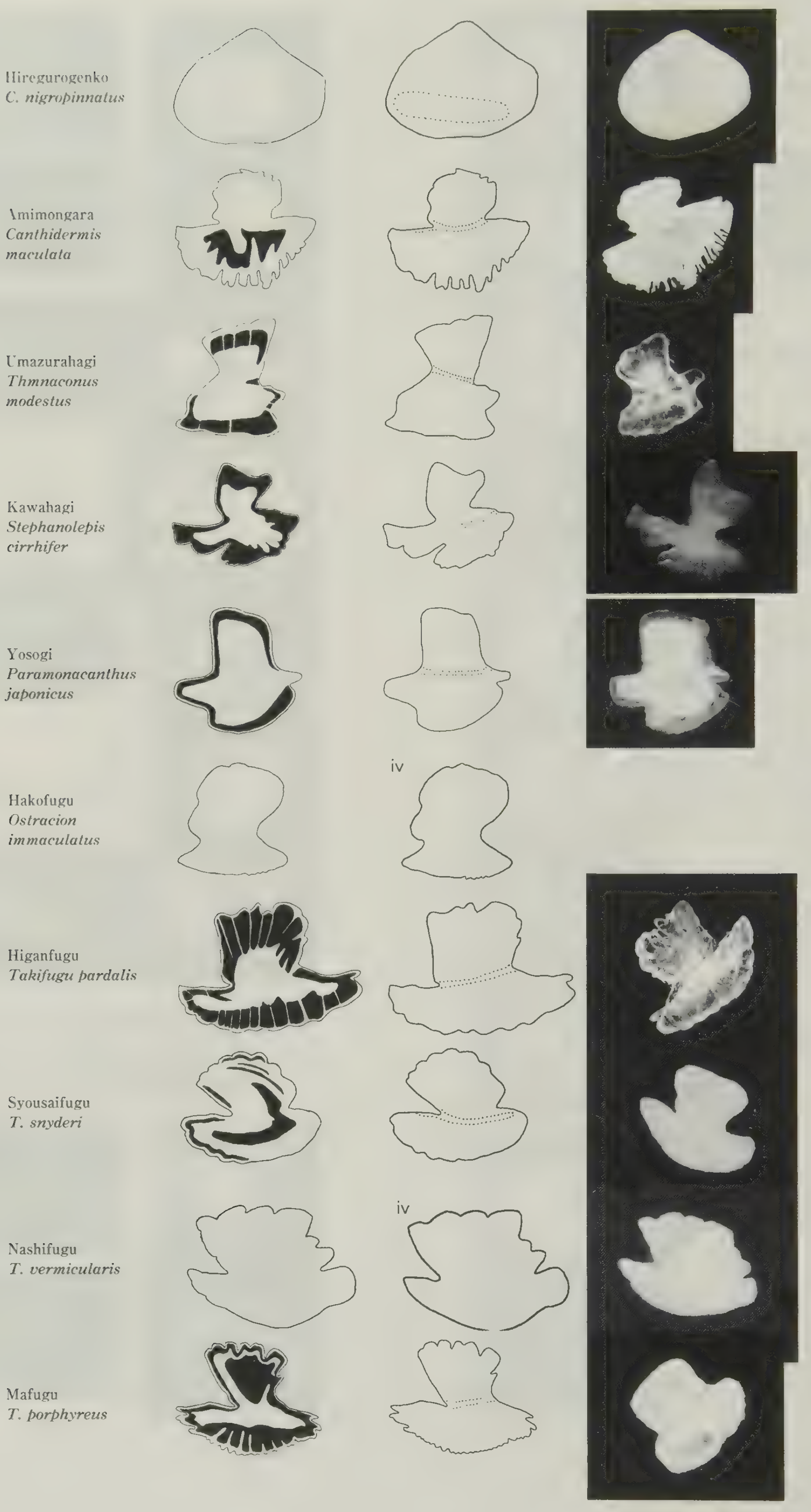
Kuro-ushinoshita
Paraplagusia japonica

Inunoshita
Cynoglossus robustus

Minamiakashitabirame
C. itinus

Akashitabirame
C. joyneri

Genko
C. interruptus


Hiregurogenko
C. nigropinnatus
Amimongara
Canthidermis
maculata
Umazurahagi
Thmnaconus
modestus
Kawahagi
Stephanolepis
cirrhifer
Yosogi
Paramonacanthus
japonicus
iv
Hakofugu
Ostracion
immaculatus
Higanfugu
Takifugu pardalis
Syousaifugu
T. snyderi
iv
Nashifugu
T. vermicularis
Mafugu
T. porphyreus

Komonfugu
T. poecilonotus

Shimafugu
T. xanthopterus

Gomafugu
T. stictonotus

Kusafugu
T. niphobles

Torafugu
T. rubripes

Karasu
T. chinensis

Kurosabafugu
Lagocephalus gloveri

Shirosabafugu
L. wheeleri

Harisenbon
Diodon holocanthus

Nezumifugu
D. hystrix

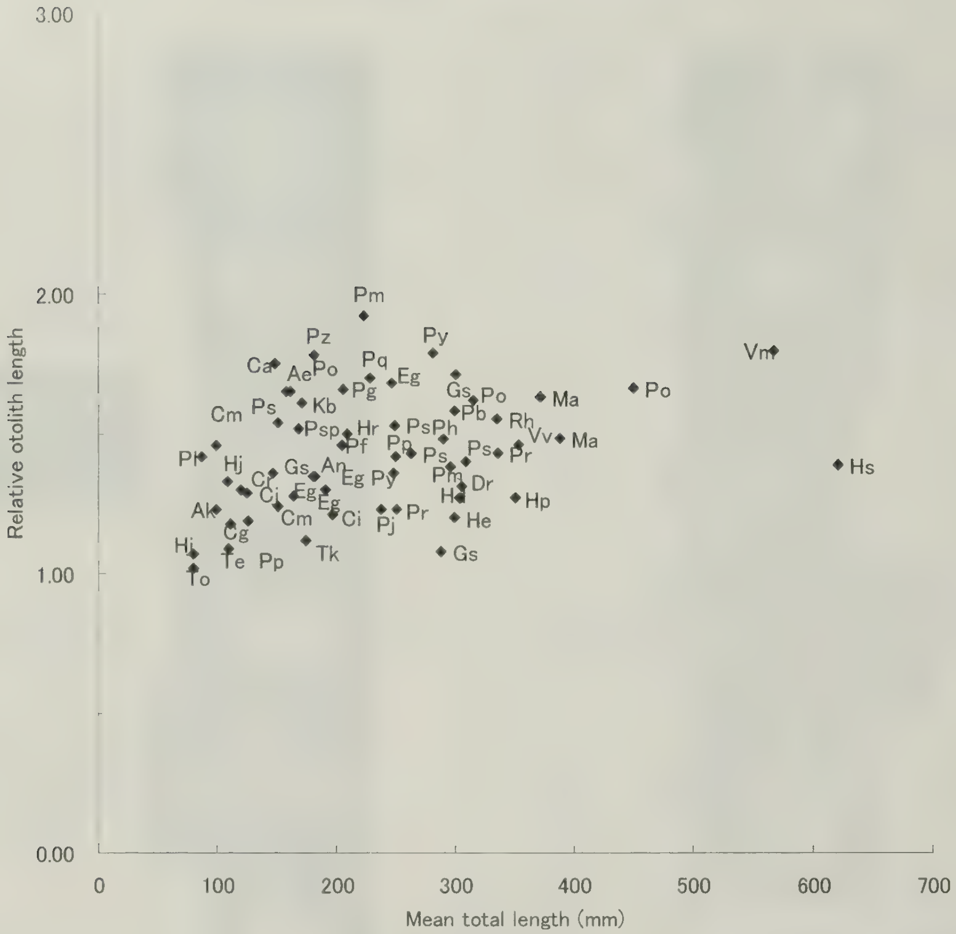


Fig. 2-37. Relation of otolith length:height ratio to total length (Pleuronectiformes). Abbreviations see table 2-17.

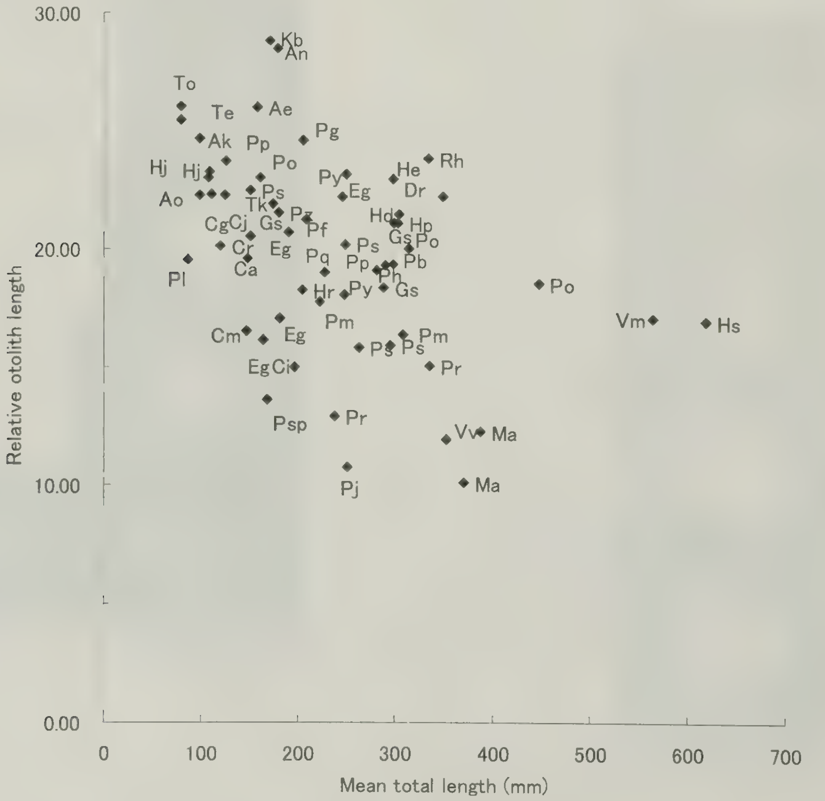


Fig. 2-38. Relation of otolith size index to total length (Pleuronectiformes). Abbreviations see table 2-17.

レイ，シュムシュガレイ，メイタガレイとソウハチに認められた。出現頻度には，左右による相違はみられず，どの魚種も左右何れかの一個が異常であった。

31. フグ目（Tetraodontiformes）（Table 2-18, Figs. 2-36, 2-39, 2-40）

フグ目魚類はギマ亜目とフグ亜目に分けられる。フグ亜目魚類はモンガラカワハギ科，カワハギ科，フグ科，ハリセンボン科等，8科125種に分類されるが，有用種は，カワハギ科のカワハギ，ウマズラハギとフグ科のトラフグ，カラス，マフグ，シロサバフグ，クロサバフグ等の数種に過ぎない。フグ目に関する形態，年齢研究は非常に少ない。形態研究では日本産ギマ科1種，ベニカワムキ科2種，モンガラカワハギ科2種，カワハギ科5種，フグ科6種の外形，溝の形状等の特徴に関する報告がある（Ohe, 1985）。また，北西大西洋のモンガラカワハギ科 *Balistes capriscus*，ハリセンボン科 *Chilomycterus schoepfi*，フグ科 *Sphoeroides maculatus* の凹凸両面の写真画像が提示されている（Campana, 2004）。さらに，南アフリカ周辺海域のベニカワムキ科1種，モンガラカワハギ科12種，ハコフグ科2種，フグ科8種，ハリセンボン科1種について，写真画像とともに形態の詳細な記載が示されている（Malcolm *et al.*, 1995）。

年齢研究では，耳石が年齢形質に不適なことから椎体（脊椎骨）が用いられ，黄海・東シナ海のトラフグとカラス（尾串，1987, 岩政，1988），韓国沿岸と東シナ海のウマズラハギ（朴 1985, 銭・胡 1999）に関する報告があるが，耳石による年齢査定は見当たらない。

耳石を採取した標本魚は，フグ亜目のモンガラカワハギ科1種，カワハギ科3種，ハコフグ科1種，フグ科12種，ハリセンボン科2種の合計5科19種で，ギマ亜目からは採集できなかった。

31-1. モンガラカワハギ科 Balistidae

アミモンガラ *Canthidermis maculata*

外形は鏡餅に似た不定形（I型）で，前角と前上角が発達し，欠刻は明確であり，後縁部に大きい凹みと下縁に不規則な凹凸がある。側面形は棒状型（b型）である。溝は欠刻部からやや上弦の弓状で，後縁の凹みに達する（I_1型）。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

31-2. カワハギ科 Monacanthidae

ウマズラハギ *Thmnaconus modestus*

外形は飛ぶ鳥に似た不定形（I型）で，前角と前上角はあまり発達しないが，欠刻はやや明確であり，後縁部に大きい凹みがある。側面形は棒状型（b型）である。溝は欠刻部からほぼ真直ぐに，後縁の凹みに達する（I_1型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭であるが，透明帯と不透明帯の境界が不明瞭で，読み取りは困難である。

カワハギ *Stephanolepis cirrhifer*

外形は飛ぶ鳥に似た（帆船状でもある）不定形（I型）で，前角と前上角はやや発達し，欠刻は明確で，後縁部に大きい凹みと下縁前部に際立った切込みがある。側面形は弱い反り状型（a型）である。溝は欠刻部からやや上限の弓状で，後縁の凹みに達する（I_1型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭であるが，透明帯と不透明帯の境界が不明瞭で，読み取りは困難である。

ヨソギ *Paramonacanthus japonicus*

外形はウマズラハギとは少し異なるが，飛ぶ鳥に似た不定形（I型）で，前角と前上角は発達し，欠刻はやや明確であり，後縁部に大きい凹みがある。側面形は棒状型（b型）である。溝は欠刻部からほぼ真直ぐに，後縁の凹みに達する（I_1型）。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

31-3. ハコフグ科 Ostraciidae

ハコフグ *Ostracion immaculatus*

外形は上部が大きい不定形（I型）で，前角と前上角はやや発達し，欠刻は明確であり，後縁部に大きい凹みがある。側面形は弱い反り状型（a型）である。溝の形状は不明である。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

31-4. フグ科 Tetraodontidae

ヒガンフグ *Takifugu pardalis*

外形は帆船に似た不定形（I型）で，前角と前上角が発達し，欠刻は明確であり，後縁部に大きい凹みと上，下縁に不規則な凹凸がある。側面形は棒状型（b型）である。溝は欠刻部からほぼ真直ぐに，後縁の凹みに達する（I_1型）。輪紋は，表面観察でやや明瞭であるが，透明帯と不透明帯の境界が不明瞭で，読み取りは困難である。

ショウサイフグ *T. snyderi*

外形は鏡餅に似た不定形（I型）で，前角と前上角が発達し，欠刻は明確であり，後縁部に大きい凹みと上縁に不規則な凹凸がある。側面形は棒状型（b型）である。凹面には，弱い隆起が中央部にみられる。溝は欠刻部の下部からやや上弦の弓状に，後縁付近まで認められる（II_1型）。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

ナシフグ *T. vermicularis*

外形は，やや帆船に似た不定形（Ⅰ型）で，前角と前上角が発達し，欠刻は明確であり，後縁部に凹みと上縁に不規則な凹凸がある。側面形は棒状型（b 型）である。溝の形状は不明である。輪紋は，表面観察では不明瞭である

マフグ *T. porphyreus*

外形は帆船に似た不定形（Ⅰ型）で，前角と前上角がやや発達し，欠刻は明確であり，後縁部に大きい凹みと上・下縁に不規則な凹凸がある。幼魚（143 mm）には，上，下縁の凹凸はみられない。側面形は棒状型(b 型）である。溝は欠刻部からほぼ真直ぐに，後縁の凹みに達する（$Ⅰ_1$型)。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

コモンフグ *T. poecilonotus*

外形は帆船状の不定形（Ⅰ型）で，前角と前上角が発達し，欠刻は明確であり，後縁部に凹みと上縁に不規則な凹凸がある。側面形は棒状型（b 型）か弱い逆反り状型（e 型）である。凹面には，弱い隆起が中央部にみられる。溝は欠刻部からほぼ真直ぐに，後縁の凹みに達する（$Ⅰ_1$型)。輪紋は，表面観察でやや明瞭であるが，透明帯と不透明帯の境界が不明瞭で，読み取りは困難である

シマフグ *T. xanthopterus*

外形は帆船に似た不定形（Ⅰ型）で，前角と前上角が発達し，欠刻は明確であり，後縁部に大きい凹みと上，下縁に不規則な凹凸がある。側面形は棒状型(b 型）である。溝は欠刻部からほぼ真直ぐに，後縁の凹みの下部に達する（$Ⅰ_1$型)。輪紋は，表面観察でやや明瞭であるが，透明帯と不透明帯の境界が不明瞭で，読み取りは困難である。

ゴマフグ *T. stictonotus*

外形は帆船に似た不定形（Ⅰ型）で，前角と前上角が発達し，欠刻は明確であり，後縁部に大きい凹みと上，下縁に不規則な凹凸がある。側面形は棒状型（b 型）である。溝は浅く不明確であるが，欠刻部のやや下部から上弦の弓状に，後縁の凹み付近まで認められる（$Ⅱ_1$型)。輪紋は，表面観察でやや明瞭であるが，透明帯と不透明帯の境界が不明瞭で，読み取りは困難である。

クサフグ *T. niphobles*

外形は帆船に似た不定形（Ⅰ型）で，前角と前上角は発達し，欠刻は明確であり，後縁部に大きい凹みがある。側面形は棒状型（b 型）である。溝は隆起が強く，欠刻部からほぼ真直ぐに，後縁付近まで認められる（$Ⅱ_1$型)。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

トラフグ *T. rubripes*

外形は帆船に似た不定形（Ⅰ型）で，前角と前上角が発達し，欠刻は明確であり，後縁部に大きい凹みと上，下縁に不規則な凹凸がある。側面形は棒状型(b 型）である。溝は欠刻部からほぼ真直ぐに，後縁付近まで認められる（$Ⅱ_1$型)。輪紋は，表面観察では透明帯と不透明帯の境界が不明瞭で，読み取りは困難である。

カラス *T. chinensis*

外形は鏡餅に似た不定形（Ⅰ型）で，前角と前上角が発達し，欠刻は明確であり，後縁部に大きい凹みと下縁に不規則な凹凸がある。側面形は棒状型（b 型）である。溝は欠刻部からほぼ真直ぐに，後縁付近まで認められる（$Ⅱ_1$型)。輪紋は，表面観察では不明瞭である。

クロサバフグ *Lagocephalus gloveri*

外形は帆船に似た不定形（Ⅰ型）で，前角と前上角が発達し，欠刻は明確であり，後縁部に大きい凹みがある。側面形は棒状型（b 型）である。溝の形状は不明である。輪紋は，表面観察でやや明瞭であるが，透明帯と不透明帯の境界が不明瞭で，読み取りは困難である。

シロサバフグ *L. wheeleri*

外形は帆船に似た不定形（Ⅰ型）で，前角と前上角が発達し，欠刻は明確である。側面形は棒状型（b 型）である。溝の形状は不明である。輪紋は，表面観察でやや明瞭であるが，透明帯と不透明帯の境界は不明瞭で，読み取りは困難である。

31-5．ハリセンボン科 Diodontidae

ハリセンボン *Diodon holocanthus*

外形は楕円形（B 型）で，前角と前上角はあまり発達せず，欠刻は不明確である。側面形は棒状型（b 型）である。溝の形状は不明である。輪紋は，表面観察ではやや不明瞭である。

ネズミフグ *D. hystrix*

外形は，ほぼ全縁に小さい凹凸が発達する円形（A 型)で，前角と前上角は発達せず，欠刻は不明確である。側面形は弱い反り状形（a 型）である。溝の形状は不明である。輪紋は，表面観察ではやや不明瞭である。

フグ目魚類の耳石長比および相対耳石サイズを種間で比較する。耳石長比は1.00 ～ 1.58の範囲で，ハコフグ科のハコフグが最も大きく，フグ科のシロサバフグが最も小さい。体長による相違は，フグ科のトラフグでは若干認められる。科別にみると，カワハギ科（3 種）が1.0，フグ科（12種）が1.2，ハリセンボン科（2 種）が1.2，モンガラカワハギ（1 種）が1.5，ハコフグ科（1

Table 2-18. Sample list used for otolith measurement (Tetraodoniformes)

Family	Japanese name	Scientific name	Abbre-viation	Size category	Sample size	Mean total length (mm)	Range	Otolith length (mm)	Otolith width (mm)	Otolith area index	Length:height ratio	Relative otolith size	Code of external-side-sulcus forms		
Balistidae															
	Amimongara	*Canthidermis maculata*	Cm		2	296	268-284	2.45	1.75	1.45	1.48	8.88	I	b	I_1
Monacanthidae															
	Umazurahagi	*Thamnaconus modestus*	Tm		3	198	166-238	0.95	0.90	0.43	1.08	5.30	I	b	I_1
	Kawahagi	*Stephanolepis cirrhifer*	Sc		8	213	199-227	1.55	1.40	1.02	1.05	6.91	I	a	I_1
	Yosogi	*Paramonacanthus japonicus*	Pj		1	130	130	1.10	1.10	0.93	1.00	8.46	I	b	I_1
Ostraciidae															
	Hakofugu	*Ostracion immaculatus*	Oi		1	187	187	1.58	1.00	0.84	1.58	8.44	I	a	iv
Tetraodontidae															
	Higanfugu	*Takifugu pardalis*	Tp		3	246	199-322	1.07	0.84	0.37	1.28	4.41	I	b	I_1
	Syousaifugu	*T. snyderi*	Ts		2	184	170-197	1.43	1.16	0.90	1.24	7.79	I	b	II_1
	Nashifugu	*T. vermicularis*	Tv		1	167		1.45	1.00	0.87	1.45	8.86	I	b	iv
	Mafugu	*T. porphyreus*	Tp		4	253	193-327	1.45	1.23	0.70	1.16	5.68	I	b	I_1
	Komonfugu	*T. poecilonotus*	Tk		5	155	106-180	1.42	1.15	1.05	1.23	9.21	I	b,e	I_1
	Shimafugu	*T. xanthopterus*	Tx		2	299	282-316	1.89	1.56	0.99	1.21	6.29	I	b	I_1
	Gomafugu	*T. stictonotus*	Tt		4	269	162-371	1.35	1.30	0.65	1.04	5.26	I	b	II_1
	Kusafugu	*T. niphobles*	Tn		3	131	122-136	1.53	1.20	1.40	1.30	11.60	I	b	II_1
	Torafugu	*T. rubripes*	Tr	Small	12	376	360-470	2.06	1.66	0.91	1.23	4.94	I	b	II_1
			Tr	Large	13	571	531-601	2.76	2.13	1.03	1.36	4.85	I	b	II_1
	Karasu	*T. chinensis*	Tc		2	280	276-283	1.58	1.25	0.71	1.27	5.63	I	b	iv
	Kurosabafugu	*Lagocephalus gloveri*	Lg		2	241	210-271	1.00	0.99	0.41	1.01	4.06	I	b	iv
	Shirosabafugu	*L. wheeleri*	Lw		1	228	228	0.70	0.70	0.21	1.00	3.07	I	b	iv
Diodontidae															
	Harisenbon	*Diodon holocanthus*	Dh		1	141	141	0.75	0.58	0.31	1.29	5.31	B	b	iv
	Nezumifugu	*D. hystrix*	Dy		1	329	329	1.43	1.37	0.60	1.04	4.34	A	a	iv

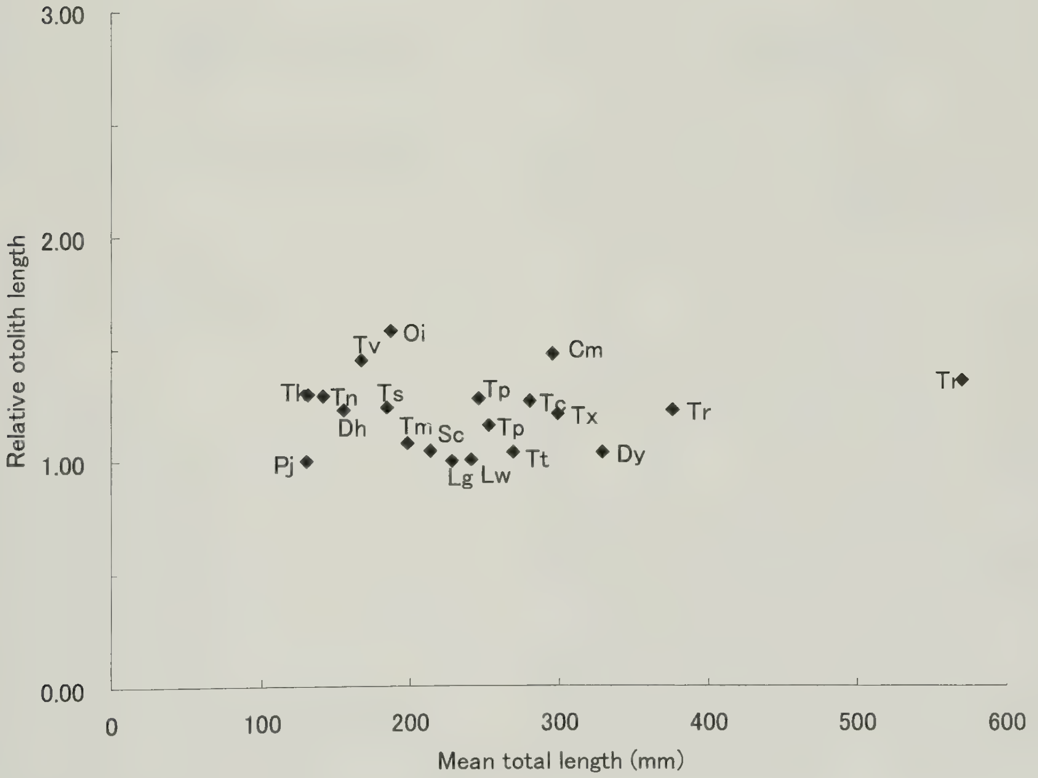


Fig. 2-39. Relation of otolith length:height ratio to total length (Tetraodontiformes). Abbreviations see table 2-18.

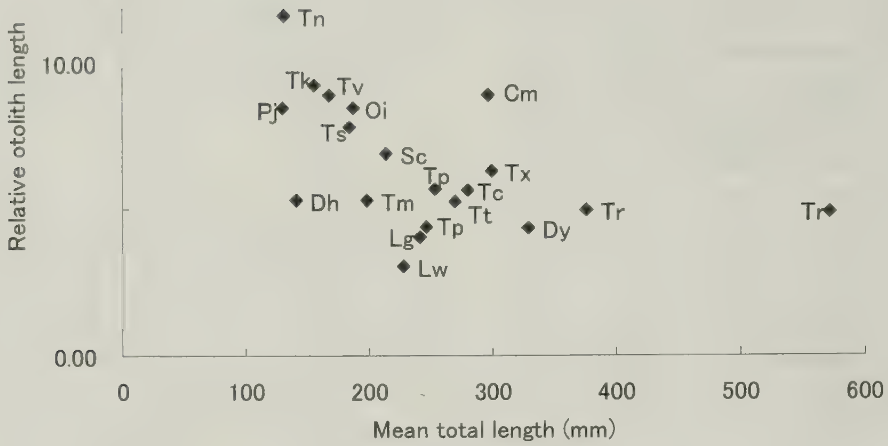


Fig. 2-40. Relation of otolith size index to total length (Tetraodontiformes). Abbreviations see table 2-18.

種）が1.6で，1.0～1.6の狭い範囲内にある。相対耳石サイズは3.07～11.69の範囲で，フグ科のクサフグが最も大きく，シロサバフグが最も小さい。体長による相違は，フグ科のトラフグでは認められない。科別にみると，フグ科には，種による相違が若干みられるが，科間では6～9の殆ど同程度の値を示している。

フグ目魚類の耳石形態の特徴をまとめると，外形はハリセンボンとネズミフグ（楕円形と円形）以外は帆船状，鏡餅状等の不定形（Ⅰ型）である。ハリセンボン科（不明確）以外は前角と前上角が発達し，欠刻が明確である。側面形は，殆どが棒状型（b 型），溝はⅠ$_1$型とⅡ$_1$型である。従って，形状コードの組み合わせは単純であり，溝の不明種を除き，I-b-Ⅰ型（約4割）とI-b-Ⅱ型（約3割）の2型である。耳石長比は1.0～1.6の比較的狭い範囲内にあるが，科別ではハコフグ科がやや大きく，カワハギ科が小さい。耳石相対サイズは3～12の範囲で，フグ科では，種間に若干相違がみられるが，科間では殆どみられない。

第3章 総合考察

本研究の主目的は，日本産魚類の耳石形態を魚種毎に記載し，耳石の形と大きさを分類群間で比較することによって，分類群毎の特徴を見出すことである。さらに，これらの解析を通して，耳石を用いた分類群や魚種の判別が可能であるかどうかを検討することである。総合考察においては，まず各章で記載された情報をまとめて，特徴的な耳石形態を列記すること，また耳石形態のコード（平面形－側面形－溝の形状）を整理することによって，判別が可能である分類群，種を明らかにする。そして，耳石形態に関して，系統進化学的，生態学的，機能形態学的な検討を行い，耳石形態を規定する要因を考察する。

1．耳石形状の分類群毎の特徴（Figs. 3-1, 3-2, 3-3）

特徴的な耳石形状を有する分類群については以下のようにまとめられる。

ニシン目：カタクチイワシだけに，耳石下縁に鋸歯状突起が並ぶ。

コイ科：平衡石の方が星状石よりも小さく，鍵状（棒状）の特異な形状。

サバヒー科：三角形の特異な形状。

ギス科：溝がオタマジャクシ状（ニベ科の同様の特徴）。

サケ科：溝がイワナ属だけがⅡ型で，他はⅠ型。

タラ目：平面形がチゴダラ科が不定形，タラ科が長楕円形，ソコダラ科が楕円形。

アシロ目：ヨロイイタチウオはシオイタチウオと異なり，外縁に小型の鋸歯状突起の有する。

ウラナイカジカ科：不定形で縁辺部に顕著な波状凹凸。

クサウオ科：ほぼ円形。

ニベ科：側面形が突出隆起型。溝がオタマジャクシ状（ギス科と同様の特徴）

テンジクダイ科：溝がⅡ型であるが，オタマジャクシ型に近い。耳石相対サイズが著しく大きい。

ネズッポ科：下縁が底辺の三角形。

フエダイ科，タカサゴ科，イサキ科，フエフキダイ科：強い反り状型。

シロギス（キス科），アカタチ科：凹面に肥厚状の隆起を有する。

サバ科：後縁が底辺の長三角形か長方形で，溝の隆起が発達。

ハゼ科：溝が中央部付近だけで欠刻に達しないⅣ型。

カレイ目：溝が中央部付近だけで欠刻に達しないⅣ型。

カレイ科：ほとんどが楕円形だが，ヒレグロのみが円形，カラスガレイ属のみが不定形。

フグ目：欠刻が明確で大きく，後縁に大きい凹み。

カワハギ科：飛鳥に似た不定形。

フグ科：帆船および鏡餅に似た不定形。

また，複数の分類群にわたる特徴的な耳石形状を有する魚種については，以下のようにまとめられる。

ゲンロクダイ（チョウチョウウオ科），タカノハダイ，ユウダチタカノハ（タカノハダイ科）：側面が上下縁が凹面に曲がる反り状型。

アカチョッキクジラウオ（アンコウイワシ科），マツカサウオ（マツカサウオ科），メダカ（メダカ科），シラウオ（シラウオ科），デメエソ（デメエソ科），ミカドハダカ（ハダカイワシ科），カムチャッカゲンゲ（ゲンゲ科）とイトヒキハゼ（ハゼ科）：平面形が縦長楕円形。

アカマンボウ（アカマンボウ科），クサビウロコエソ（ハダカエソ科），マトウダイ科およびカワハギ科の魚種：平面形が翼を広げた鳥にやや似た不定形。

2．平面形の類型組成と特徴的な魚種

円形型（A型）	30種	（5.5%）
楕円形型（B型）	293種	（53.3%）
長楕円形型（C型）	131種	（23.8%）
縦長楕円形型（D型）	9種	（1.6%）
広線形型（E型）	16種	（2.9%）
三角形型（F型）	18種	（3.3%）
正方形型（G型）	8種	（1.5%）
長方形型（H型）	3種	（0.5%）
不定形型（I型）	42種	（7.6%）

平面形は，楕円形が一般的であり，耳石長比が0.8～3.0の魚種が，全体の約83%を占める。ただし，耳石長比が3を超える広線形は16種に限られている。しかし，それらは，ムネダラ，ギンダラ，オニカサゴに加え，エソ類，コチ類，カマス類，マグロ類の一部から構成されており，広い分類群にわたっている。耳石長比が0.8以下の縦長の耳石を有する魚種は，マツカサウオとカムチャッカゲンゲを加えて，8種のみである。また長方形の耳石はマサバ，ゴマサバ，カツオの3種であり，分類形質として有用である。また不定形の帆船に似た特異な型の平面形はマトウダイ目とフグ目のみに見られる特徴であり，分類形質として有用であると考えられた。

3．側面形の類型組成と特徴的な魚種

反り状型（a型）	409種	（74.4%）
棒状型（b型）	77種	（14.0%）

半広線型（c 型）	36種	（ 6.5%）
突出隆起型（d 型）	7 種	（ 1.3%）
逆反り状型（e 型）	6 種	（ 1.1%）
不定型（f 型）	4 種	（ 0.7%）
不定型のため不明	4 種	（ 0.7%）
観察できず形状不明	7 種	（ 1.3%）

最も多い型は a 型で，全体の約74%を占める。反り方の強弱はあるものの，3/4以上の魚種が，外側に反った耳石を有していることが示された。d 型はニベ科に特有な形状である。また，e 型で弱いながらも内側に反った耳石（溝側に僅かに湾曲）は，マツカサウオ，シラウオ，ナガレメイタガレイ，イヌノシタのみにみられており，種判別に有用である。

4．溝の形状の類型組成と特徴的な魚種

Ⅰ型（欠刻部から後縁あるいは下縁の後部まで）	60種	（10.9%）
Ⅱ型（欠刻部から後縁付近あるいは下縁の後部付近まで）	329種	（59.8%）
Ⅲ型（欠刻部から中央付近まで）	33種	（ 6.0%）
Ⅳ型（中央部のみ）	72種	（13.1%）
Ⅴ型（オタマジャクシ状）	7種	（ 1.3%）
Ⅵ型（Ⅰ—Ⅴ型以外の形状）	5種	（ 0.9%）
不定型のため不明	26種	（ 4.7%）
観察できず形状不明（iv）	18種	（ 3.3%）

最も多い型はⅡ型で，全体の60 %を占める。またⅠ型Ⅱ型Ⅲ型を合わせると76.7 %となり，3/4以上の魚種が，耳石にみられる溝が耳石前縁の欠刻部から中央部もしくは後縁にいたる構造であることが示された。II_2型は，殆ど外形が楕円形で，側面形は強い反り状型である。溝のⅢ・Ⅳ型は全体的に浅く，不明確のものが多い。なお，Ⅳ型（中央部のみ）は，カレイ目，ハゼ科にみられる特徴的な型であるが，これら分類群以外ではリュウキュウホラアナゴ，ホタテウミヘビ，ヒモアナゴ，インキウオ，ワヌケフウリュウウオにみられる。またＥ型（オタマジャクシ型）は，ニベ科に特徴的な型であるが，ギスも同様の形である。Ｆ型は不定形であり，チョウザメ，ナマズが上下に延びる溝で，ゴンズイ，アカチョッキクジラウオ，エビスダイが各々特異な形状を呈している。形状不明な魚種は49種あるが，溝が浅くて型の判別が困難な場合（サンゴタツ，クダヤガラ，イソギンポ，エビスシイラ，ゴマギンポ，アカヤガラ，サギフエ，アゴハゼ，アカウオ，ハリセンボン）と平面形が不定形のために溝の確認が困難な場合（アカマンボウ，バショウカジキ，メカジキ，クロカジキ，コイ，キンギョ，ニゴイ，カガミダイ，マトウダイ，コンニャクカジカ，アカウオ，ハコフグ，ナシフグ，カラス，シロサバフグ，クロサバフグ，ネズミフグ）が含まれている。溝が浅くて型の判別が困難な魚種は，ほとんどが底棲性であるという傾向がある。

5．耳石形状のコード（平面形－側面形－溝の形状）の組み合わせ

以下，全体の約１%にあたる５種以上を有するコードの組み合わせについて，その種数と割合を示す。

A-a-Ⅳ	5 種	（ 0.9%）
A-a-I_1	22種	（ 4.0%）
A-a-I_2	6 種	（ 1.1%）
B-a-II_1	64種	（11.6%）
B-a-II_2	23種	（ 4.2%）
B-a-II_3	36種	（ 6.5%）
B-a-Ⅲ	11種	（ 2.0%）
B-a-Ⅳ	24種	（ 4.4%）
B-b-II_1	11種	（ 2.0%）
B-b-II_3	6 種	（ 1.1%）
B-b-Ⅳ	11種	（ 2.0%）
B-c-II_1	6 種	（ 1.1%）
B-d-Ⅴ	5 種	（ 0.9%）
C-a-I_1	10種	（ 1.8%）
C-a-II_1	41種	（ 7.5%）
C-a-II_2	16種	（ 2.9%）
C-a-II_3	40種	（ 7.3%）
C-a-Ⅲ	6 種	（ 1.1%）
E-a-II_1	9 種	（ 1.6%）
F-a-II_1	9 種	（ 1.6%）
I-a-iv	8 種	（ 1.5%）
I-b-I_1	6 種	（ 1.1%）

耳石の形状を表す耳石形態コードにおいて，最も多い組み合わせはB-a-II_1（11.6%），次いでC-a-II_1（7.5%）である。溝の細分を合わせて集計すると，B-a-Ⅱが123種（22.4%），C-a-Ⅱが97種（17.6%）で，併せて40%以上の魚種が，外側に反った楕円形で溝が欠刻部から後縁付近まで形成されている耳石を有していることが示された。このような耳石は一般的な耳石形状であるがため，耳石形態からは種判別は困難であるといえる。反対に，特徴的な組み合わせは以下のとおりであり，種判別に有用であると考えられる。

トウゴロウイワシ	A-a-Ⅲ
サンゴタツ	A-a-iv
クロソコギス，キツネソコギス，ナメハダカ	A-b-Ⅲ

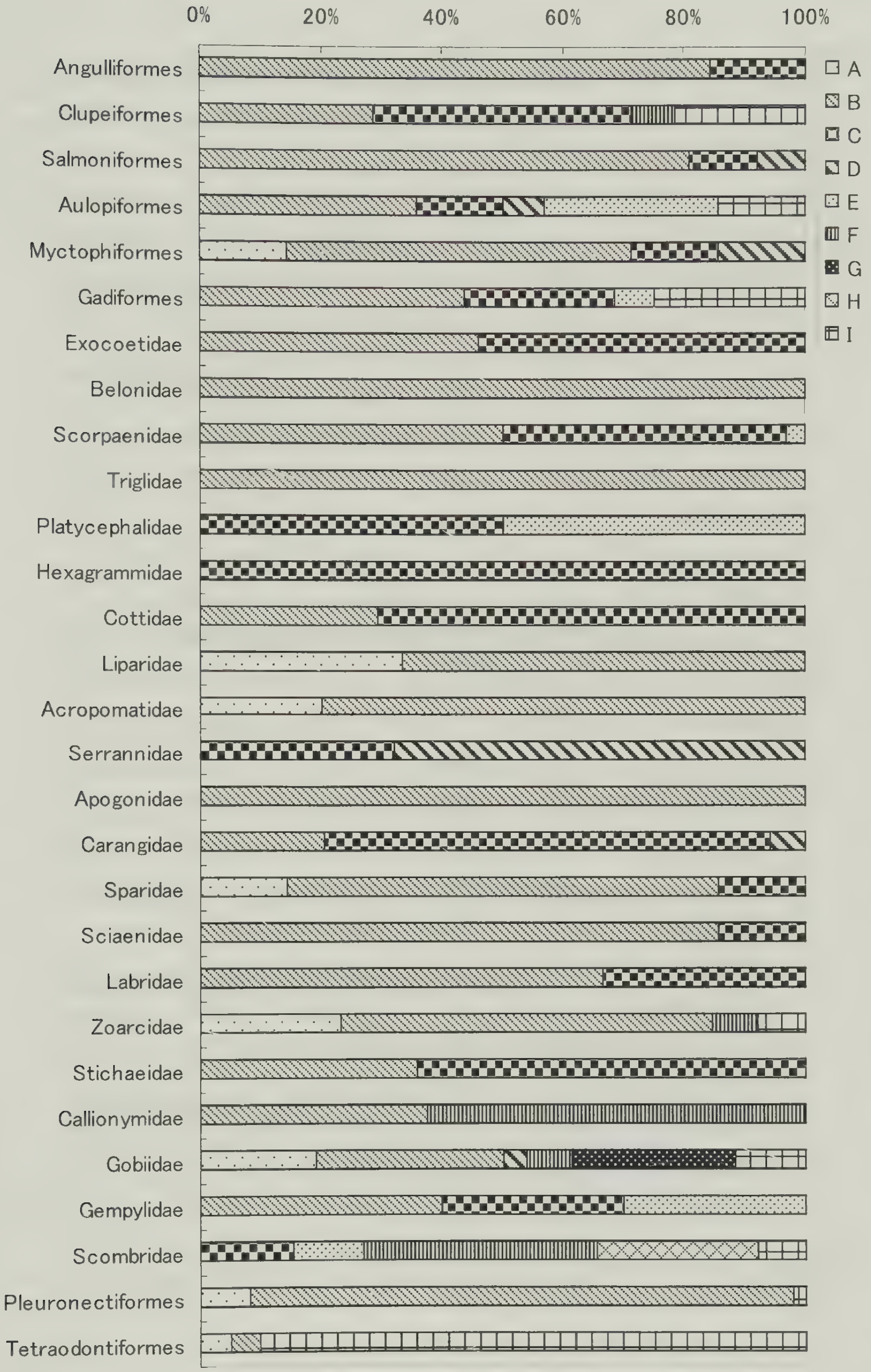


Fig. 3-1. Type compositions of otolith external form of each taxon. Abbreviations see figure 1-3.

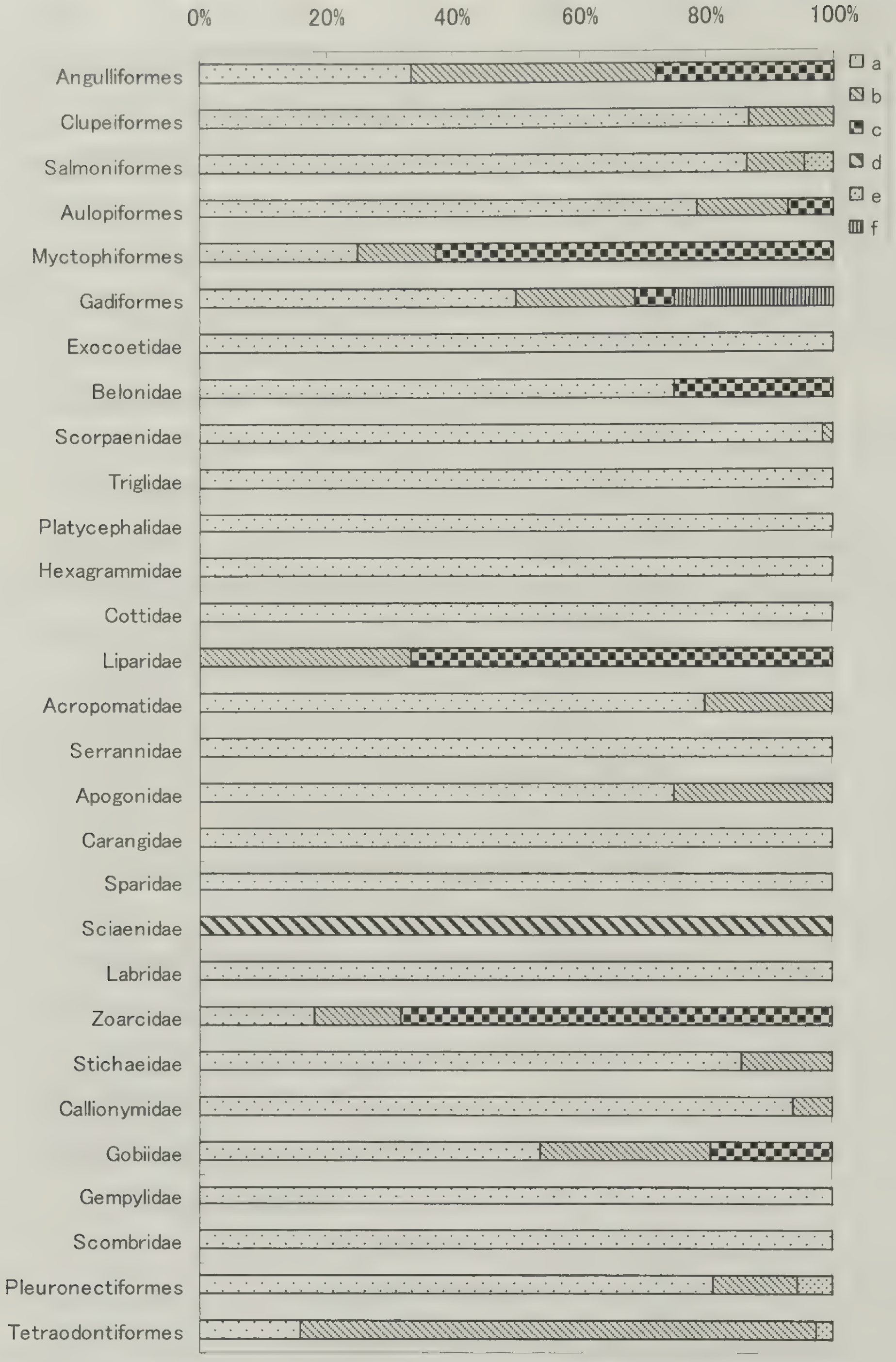


Fig. 3-2. Type compositions of otolith side form of each taxon. Abbreviations see figure 1-4.

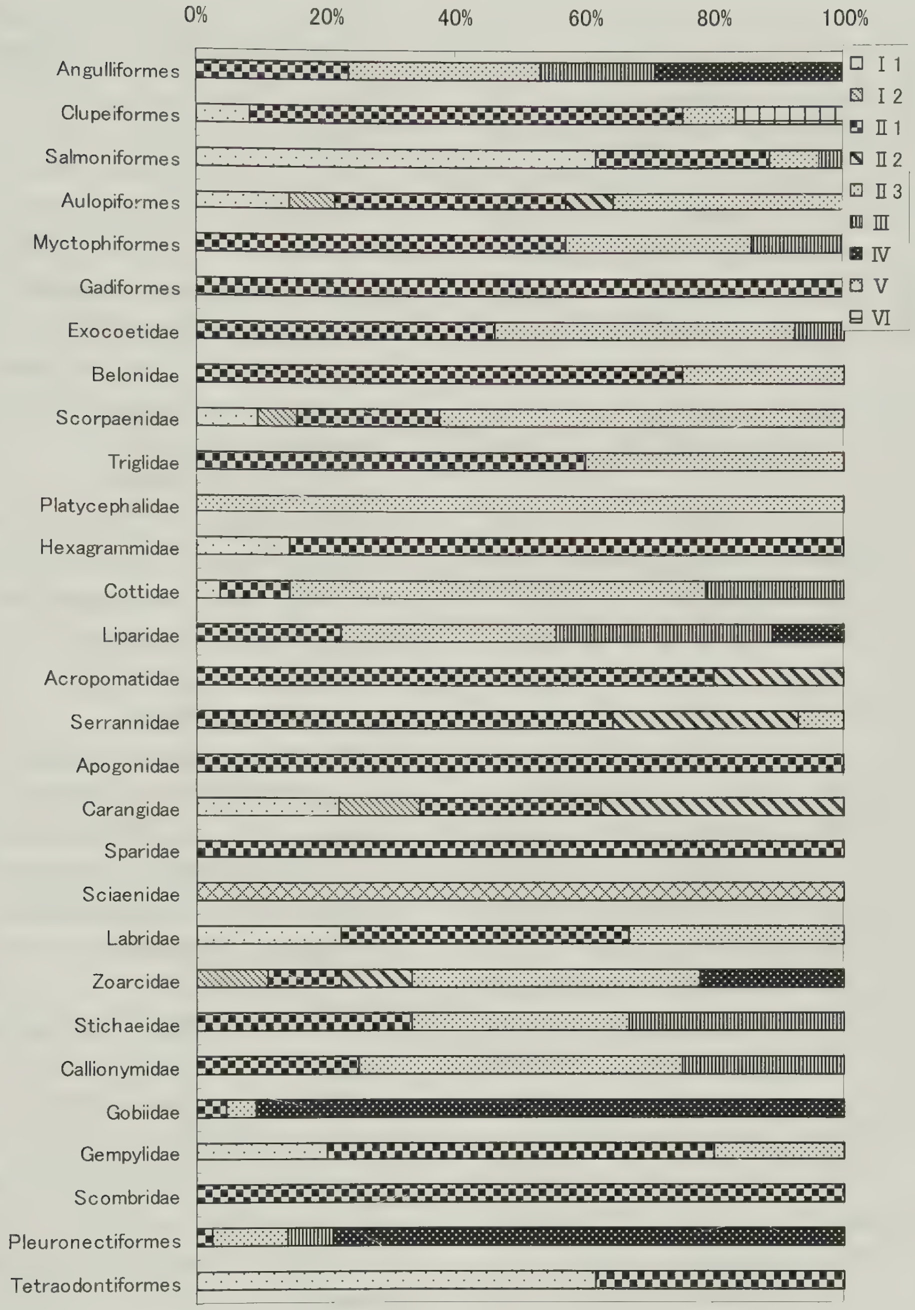


Fig. 3-3. Type compositions of otolith sulcus of each taxon. Abbreviations see figure 1-5.

サケビクニン，イレズミコンニャクウオ
A-c-Ⅱ$_3$
アイビクニン，フウライクサウオ
A-c-Ⅲ
コモチジャコ，シロゲンゲ，カンテンゲンゲ
A-c-Ⅳ
マツカサウオ　A-e-Ⅱ
ゴンズイ　B（もしくはA)-b-Ⅵ
ニベ科　B-d-Ⅴ
カレイ目の一部　B-e-Ⅲ，Ⅳ
マアナゴ，クロアナゴ，ギスカジカ，テングトクビレ，ムスジガジ，ミシマオコゼ
C-a-Ⅲ
スズハモ　C-b-Ⅱ
ホンニベ　C-d-Ⅴ
デメエソ，ミカドハダカ　D-a-Ⅱ$_3$
ヨロイイタチウオ　D-a-Ⅳ
メダカ　D-b-Ⅰ$_1$
イトヒキダラ　D-b-Ⅳ
アカチョッキクジラウオ　D-c-Ⅵ
シラウオ　D-e-Ⅲ
エソ類，コチ類，カマス類，マグロ類，ムネダラ，ギンダラ，オニカサゴ（広線形はほぼ全てこの組み合わせ）　E-a-Ⅱ
ヒカリフリソデエソ　E-a，b-Ⅰ
サバヒー，ギンカガミ　F-a-Ⅰ
キュウリエソ　F-a-Ⅲ
ヨメゴチ　F-a，b-Ⅲ
アカヤガラ　F-b-iv
サギフエ　F-b-iv
ホウライエソ，ミミズハゼ
G-a-nd
チャガラ，アカオビシマハゼ，シモフリシマハゼ
G-a-Ⅳ
ドンコ　G-a-Ⅱ$_1$
チチブ　G-b-Ⅳ
アシシロハゼ，ジュズカケハゼ
G-c-Ⅳ
マサバ，ゴマサバ，カツオ
H-a-Ⅱ$_1$
アカマンボウ，カジキ類　I-iv-iv
コイ科，カガミダイ，マトウダイ，コンニャクカジカ，アカウオ，ハコフグ　I-a-iv
カワハギ　I-a-Ⅰ$_1$
マルソウダ　I-a-Ⅱ$_1$
クサビウロコエソ，フタナメハダカ
I-a-Ⅱ$_3$
ワラスボ，カラスガレイ　I-a-Ⅳ
チョウザメ，エビスダイ　I-A-Ⅵ
ニュウドウカジカ　I-b-Ⅱ$_3$
フグ科　I-b-Ⅰ$_1$，Ⅱ$_1$，iv
アカドンコ，ニクハゼ　I-c-Ⅳ
カムチャッカゲンゲ　I-c-nd
カナダダラ，カラスダラ，エゾイソアイナメ，イトヒキダラ　I-f-Ⅱ$_1$

これら魚種のように，耳石形状から魚種が数種に絞り込むことができるのは70種弱であり，全体の12 %程度しか種判別ができないことがわかった。今回の耳石は，成魚，未成魚の個体から採取したものである。これら種判別が可能な魚種についても稚魚幼魚の段階では，平面形がまだ円形であり，また溝も未発達であり種判別が困難になる。種レベルではなく分類群レベルでは，前述のように特有の耳石形状を有する場合が多く，本論文が耳石から分類群を推定する際の有用な資料となるものと考えられる。

6．耳石形状の形成要因

耳石の形状については，分類群によって特徴が見られ，特に科のレベルでは，科内で耳石のコード組み合わせが似ており，ある程度の統一性が認められる。そこで，系統進化学的な傾向を検討するために，類型化された各形質の型の組成を分類群間で比較するとともに，生態学的，機能形態学的な考察を加える。

6-1．平面形，側面形，溝の形状・類型

平面形では，不定形がフグ目，マトウダイ目，ハダカエソ科，チゴダラ科，ウラナイカジカ科に，長楕円形がハタ科，アジ科とアイナメ科に集中しており，広線形がエソ科，フデエソ科，ギンダラ科，ゲンゲ科，カマス科とクロタチカマス科にしか出現しないといった特色がある。側面形では，突出隆起型がニベ科に集中していること，反り型ではない棒状型，半広線型が半分以上を占めるのが，ウナギ目，ハダカイワシ目，クサウオ科，ニベ科，ゲンゲ科，フグ目に限られている。溝では，分類群間でその組成が大きく異なっている。オタマジャクシ型（Ⅴ型）はニベ科とギス科のみである。溝が，欠刻よりも後方から発しており中央部付近のみにみられるⅣ型は，ハゼ科，カレイ科，アンコウ目とアシロ目で優占し，ウナギ目，ウラナイカジカ科，クサウオ科，ゲンゲ科の一部にみられる。また，溝が欠刻から発し後縁か下縁かその付近まで達するⅠ型，Ⅱ型のうち，下方に曲がるもの（Ⅰ$_2$型，Ⅱ$_2$型）はスズキ目に集中しており，フエダイ科，イサキ科，アジ科等の魚類にみられる。しかし平面形，側面形，溝の

いずれの類型も複数の分類群に共通しており，系統進化学的な傾向が見られない。

平面形が円形の魚種はソコギス科とハゼ科，クサウオ科，ゲンゲ科，ヒラメ科の一部，ゴンズイ，キントキダイ，サンゴタツ，マメハダカ等であり，これらは底棲魚類である。広線形の魚種はカマス科，クロタチカマス科，エソ科の一部とヒカリフデエソ，ムネダラ，ギンダラで，底棲魚類も少なくない。このように，同じ底棲性であるのに最も丸みがある形状と最も長い形状のものが存在し，生活型が平面形を規定するようには考えにくい。後述する耳石相対サイズや耳石長比のように，頭部の大きさや形が最も大きな要因であるものと考えられる。

次に，更に生態学的，機能形態学的に検討するために，特に溝に関して，川本（1970），Platt and Popper（1981），Bone *et al.*（1995），Wright *et al.*（2002）の総説を参考に，内耳下部の構造と機能を概説する。耳石の礫石，扁平石，星状石が各々収納されている通嚢（utriculus），小嚢（sacculus）・壺（lagena）には，耳石膜（otolith menbrane）に覆われた聴斑（macula, macula acustica：通嚢小嚢，Macula lagenae：壺）がある。その聴斑の内部に有毛細胞が存在し，音，重力および魚体の線形加速に反応する。小嚢内の聴斑は，主に扁平石の溝に対応する場所に位置する（ハダカイワシ類，フグ類は例外的に，耳石が聴斑全体を覆っていない）。また有毛細胞には反応の方向性があり，位置する場所によってその方向が異なるとされる。Platt and Popper（1981）は有毛細胞の方向性について，溝の前方は水平方向，後方は鉛直方向に反応する魚種が多いことを図示している。したがって，この溝の形状や大きさは，聴覚や平衡感覚といった機能に関連すると想像できる。溝の面積については，各種の溝面積に加えタラ目魚類において体長の増加に伴って耳石面積に対する割合が大きくなることが報告されているものの（Lombarte A., 1992, Lombarte A. and J. Lleonart, 1993），溝の機能形態については，小嚢内の聴斑の形状が種によって多様である（Popper 1980, Popper and Coombs, 1982）といった記載以外は報告がない。耳石自体の聴覚への関与については，鰾が音の収縮・拡張して第二の音源となり，その振動が，Weber の 4 つの小骨および無対洞，横行管を通して，小嚢に伝達され，振動が耳石を上下させる。そこで，ここでは鰾と溝について更に検討を加える。

鰾については，鰾を持つ魚種と持たない魚種の耳石形状を比較して検討する。鰾を持たない魚種は，多くはないが，マゴチ，アイナメ，ホッケ，ヨコスジカジカ，ヒラメ，マガレイといった種が知られている（落合1994）。Table 3-1に各種の相対耳石サイズ，耳石長比，形状を示した。しかし，特異な特徴は認められない。

溝については，溝が十分に発達しているⅠ$_1$型，Ⅰ$_2$型，Ⅱ$_1$型，Ⅱ$_2$型と，後縁，下縁付近まで達しない（Ⅱ$_3$型，Ⅲ型）もしくは欠刻から生じない（Ⅳ型）に分けて整理すると，前者の十分に発達しているタイプの分類群は，その80 %以上の種がニシン目，サケ目，タラ目，アイナメ科，ホタルジャコ科，ハタ科，テンジクダイ科，アジ科，イサキ科，タイ科，クロタチカマス科，サバ科，フグ目であり，後者の十分に発達していないタイプの分類群は，その60 %以上の種がウナギ目，コチ科，フサカサゴ科，カジカ科，クサウオ科，ゲンゲ科，タウエガジ科，ハゼ科，カレイ目である。総じて，遊泳性もしくは集群性の強い魚種が多い分類群は溝が発達し，定着性もしくは底棲性の強い魚種が多い分類群は溝が発達していない傾向がみられる。ただし，アイナメ科にⅡ$_1$が多いことやホウボウ科やベラ科ではⅡ$_1$型とⅡ$_3$型がほぼ半数ずつ出現することなど，この傾向に当てはまらない分類群も多い。更には，第 5 章で検討したようにメバル属では，生息水深が浅いほど耳石後縁まで達せず中央と後縁の途中で途切れるⅡ$_3$型が多かった。溝が欠刻から発し後縁か下縁かその付近まで達し，さらに下方に曲がるという特徴の

Table 3-1. Otolith length : height ratio, relative size and code of formes of fishies with swimbladder (gas bladder).

Japanese name	Scientific name	Length:height ratio	Relative otolith size	Code of external-side-sulcus forms
Magochi	*Platycephalus* sp.	2.97	28.21	E-a-Ⅱ$_3$
Hokke	*Pleurogrammus azonus*	2.00	13.96	C-a-Ⅰ$_1$
Ainame	*Hexagrammos otakii*	2.05	12.45	C-a-Ⅱ$_1$
Yokosujikajika	*Hemilepidotus gilbert*	2.36	24.31	C-a-nd
Hirame	*Paralichthys olivaceus*	1.65	23.02	B-a-Ⅱ$_1$
Magarei	*Pleuronectes herzensteini*	1.66	24.56	B-b-Ⅳ

Fig. 3-4. Relationship of relative otolith size to total body length of fish species.

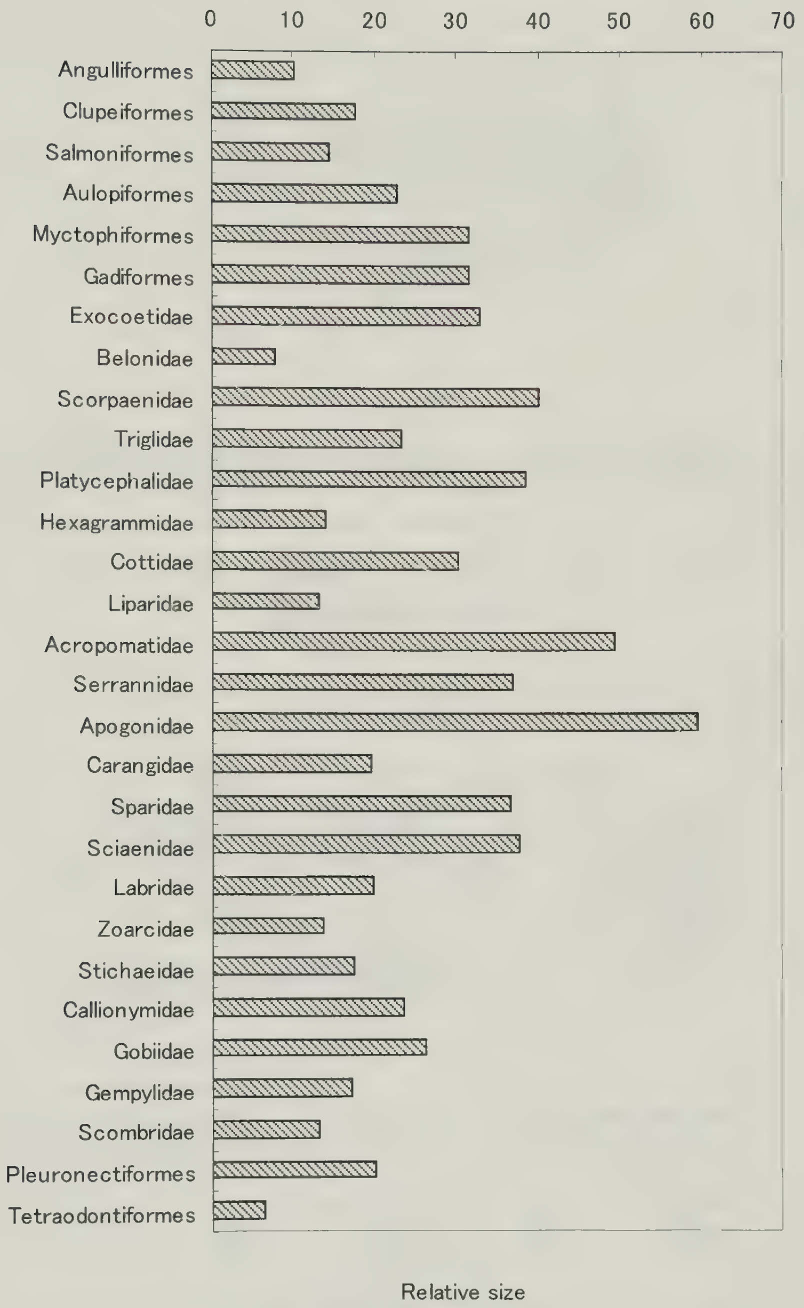


Fig. 3-5. Averages of relative otolith size of each taxon.

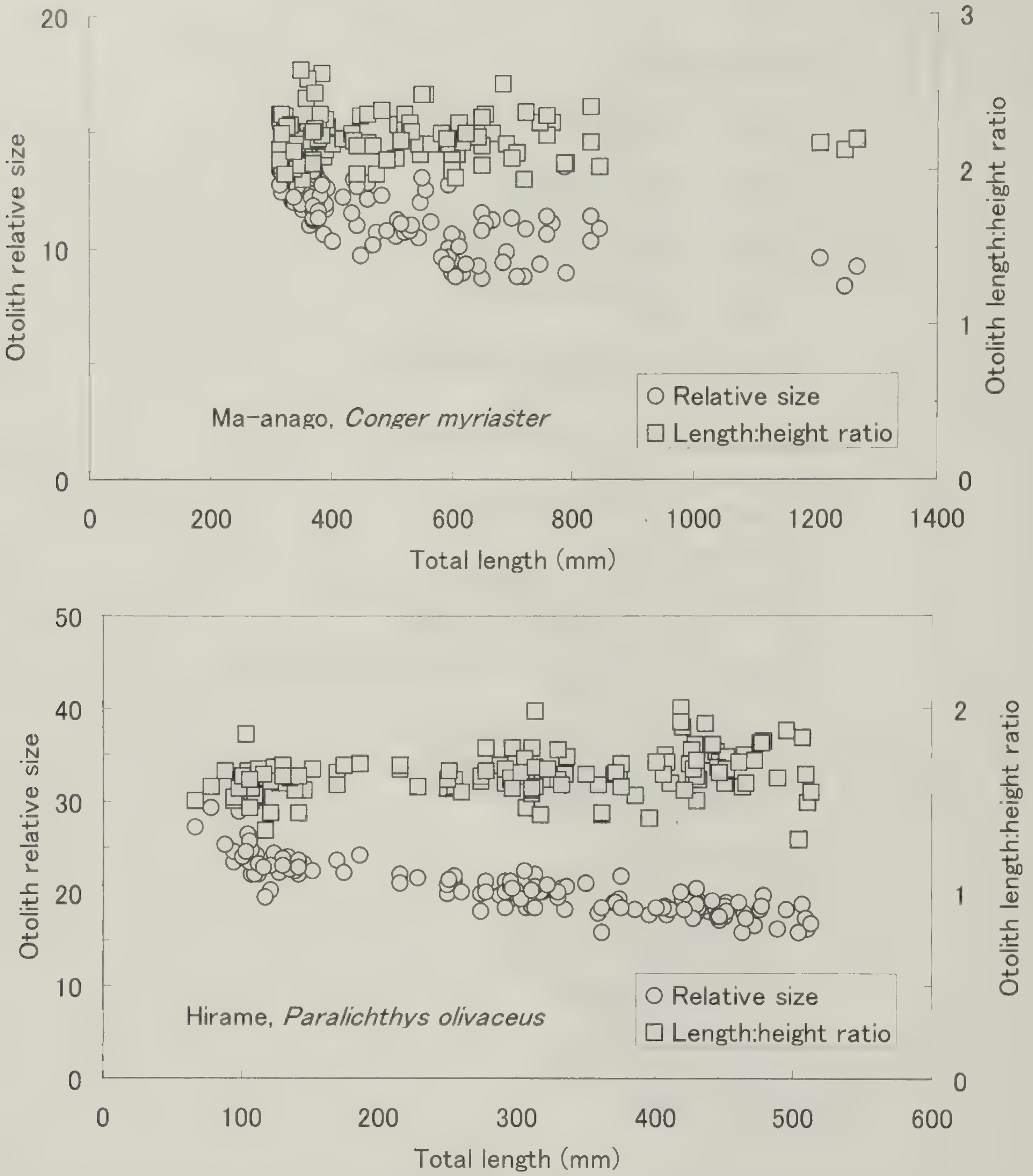


Fig. 3-6a. Relationship of relative otolith size and otolith length:height ratio to total body length of ma-anago, *Conger myriaster* (top) and hirame, *Paralichthys olivaceus* (bottom).

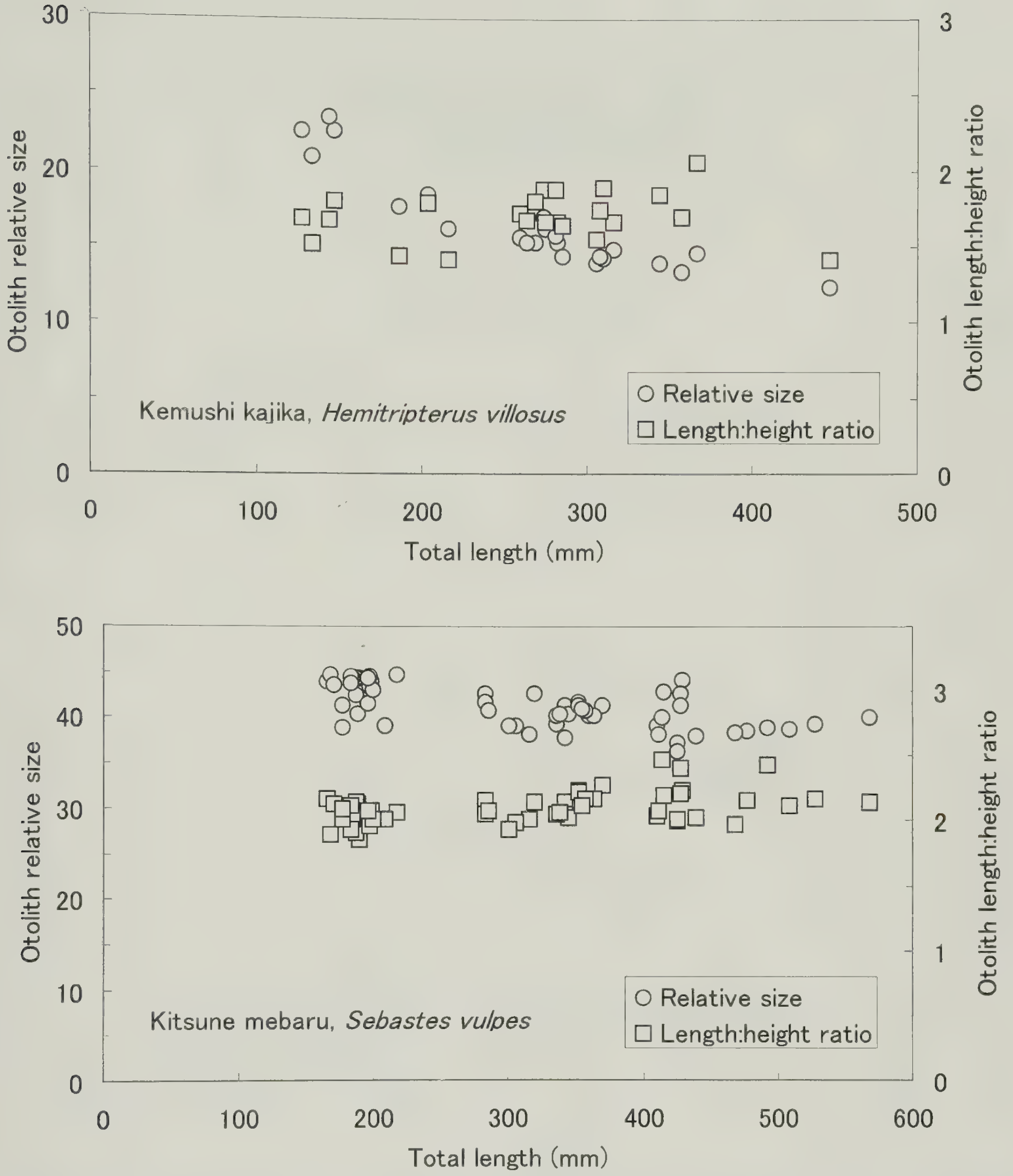
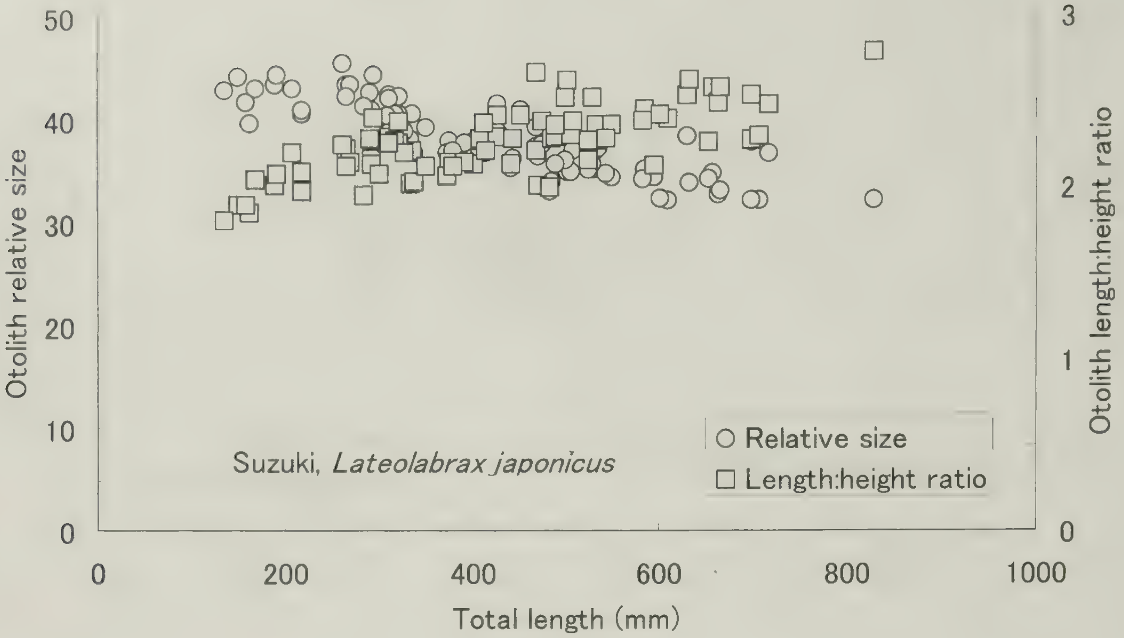


Fig. 3-6b. Relationship of relative otolith size and otolith length:height ratio to total body length of kemushi kajika, *Hemitripterus villosus* (top) and kitsune mebaru, *Sebastes vulpes* (bottom).



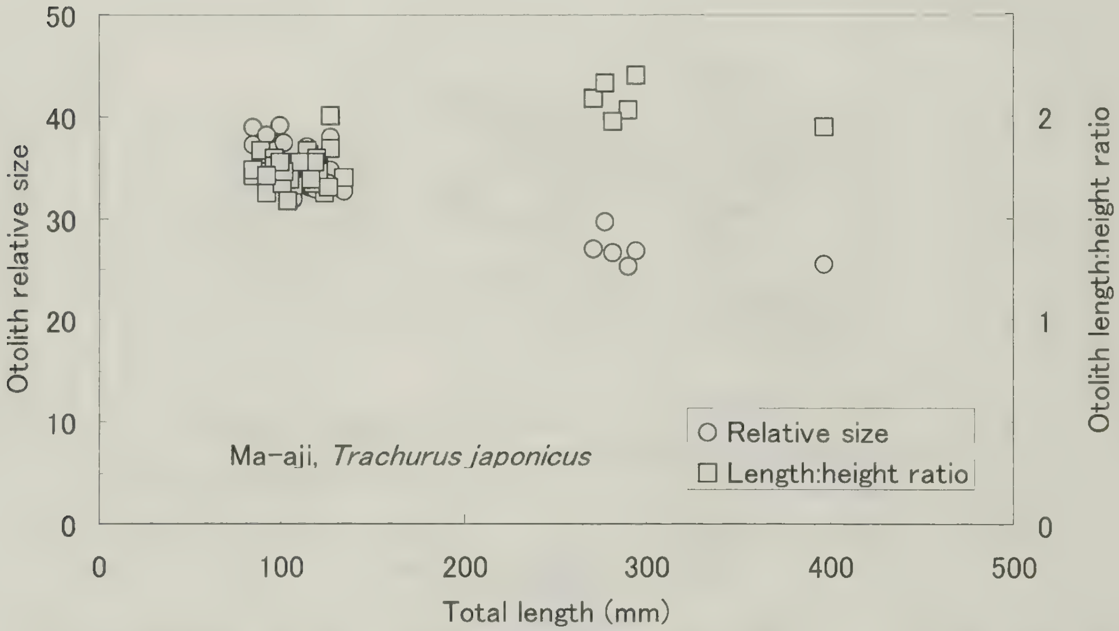


Fig. 3-6c. Relationship of relative otolith size and otolith length:height ratio to total body length of suzuki, *Lateolabrax japonicus* (top) and ma-aji, *Trachurus japonicus* (bottom).

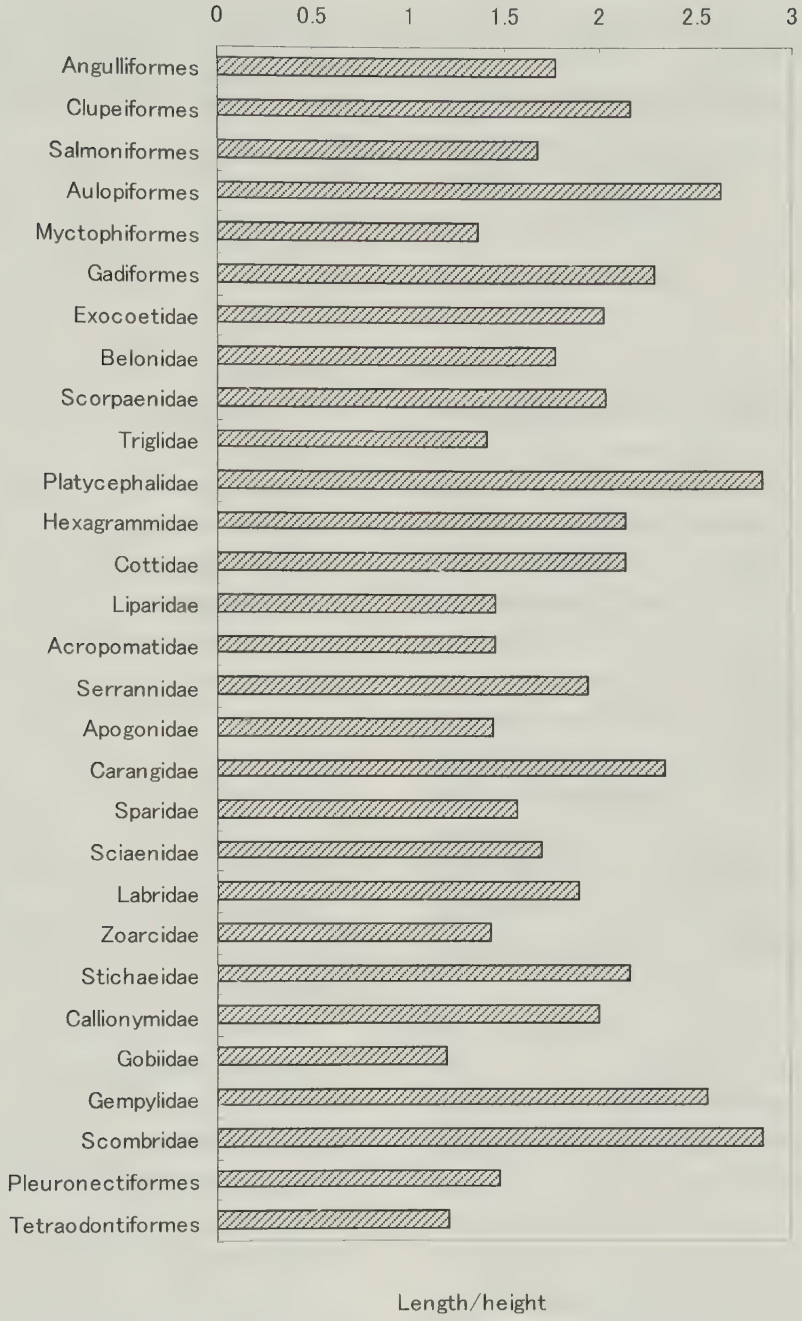


Fig. 3-7. Averages of otolith length:height ratio of each taxon.

Table 3-2. Differences of otolith characteristics between closely related species.

Japanese name	Scientific name	Mean total length (mm)	Length:height ratio	Relative otolith size	Code of sulcus form
Chikamekintoki	*Cookeolus japonicus*	270	1.38	26.53	II_1
Kintokidai	*Priacanthus macracanthus*	206	1.08	7.69	II_1
Hiiragi	*Leiognathus nuchalis*	125	2.03	22.55	I_1
Okihiiragi	*L. rivulatus*	71	1.53	38.4	II_1
Hirame	*Paralichthys olivaceus*	132	2.08	47.45	II_1
Magarei	*Pleuronectes herzensteini*	171	1.59	26.18	I_2

ある形態である A_2型，B_2型は，前述のとおりスズキ目以外ではヒメ目の２種のみであり，約95 %がスズキ目に集中している.スズキ目の中でもシマガツオ科，フエダイ科，イサキ科，イトヨリダイ科，ヒメジ科，タカノハダイ科，アカタチ科，スズメダイ科，シマイサキ科，イシダイ科，イスズミ科，カゴカキダイ科，メジナ科，およびアジ科にみられ，岩礁域や珊瑚礁に生息する種とアジ科で構成されており，分類学上の特徴に加え生活型との関係が示唆される。今回は，外観から溝のタイプを判別して表現したが，溝の深さも溝の大きさを表す重要な形質である。この溝の深さを含めて，種別に生活型との関連性を解析する必要があると思われる。ただし，前述のように耳石は聴覚や平衡感覚といった複数の機能を有しており，Platt and Popper (1981) が指摘するように，溝の多様な形と大きさは，多様な機能と関連付けて理解する必要があると考えられる。

側面形については，上述のように基本形は「反り状型」であるが，強い反り状型であるフエダイ科，タカサゴ科，イサキ科，フエフキダイ科，フサカサゴ科，ハタ科，タイ科等はサンゴ礁や岩礁域に生息する魚類であるという傾向が認められる。

6-2．耳石相対サイズについて

全体として，体長の大きな魚種ほど相対サイズが小さくなる（Fig. 3-4)。体長が50 cm 以上で耳石相対サイズも20以上の魚種は，イバラヒゲ，スズキ，ワニエソ，オオサガ以外にはみられない。この傾向は種内でも同様であり，マアナゴ，キツネメバル，ケムシカジカ，スズキ，マアジ，ヒラメで調べたところ，いずれの種でも，体長が大きくなると耳石相対サイズが小さくなる（Fig. 3-6abc)。分類群毎に平均耳石相対サイズを比べると，最も大きいのはテンジクダイ科，次いでホタルジャコ科，最も小さいのはフグ目，次いでウナギ目であり，系統進化学的な傾向は認められない(Fig. 3-5)。一般的に，活動性の高い魚種は小さく，底魚類は大きい（松原ら1979）といわれるが，相対サイズが小さい分類群は上記のフグ目，ウナギ目に加え，アイナメ科，クサウオ科，ゲンゲ科，サバ科といったものである。また，トビウオ科の魚種の相対耳石サイズがほぼ全て30以上であり，他のダツ目の魚種に比べて明らかに大きい。種レベルで，耳石相対サイズが５以下の小型の魚種と50以上の大型の魚種を列記すると，小型の魚種は，ソコギス科の２種(クロソコギス，キツネソコギス)，ウナギ，ホラアナゴ，クズアナゴ，ホタテウミヘビ，アカマンボウ，サケガシラ，ホウライエソ，ミズウオ，アカヤガラ，ヨウジウオ，ホテイウオ，シイラ，イレズミコンニャクウオ，カジキ科，メカジキ科，ヒガンフグ，クロサバフグ，シロサバフグ，トラフグ，ネズミフグであり，体型が紡錘形，ウナギ型の魚種もしくはカジキ類，フグ類に多い。対して相対耳石サイズの大きい魚種は，イズカサゴ，ワニゴチ，テンジクダイ科，エビスダイ，マツカサウオ，キンカジカ，フサカサゴ，ホタルジャコ科，イボダイ，ハナビヌメリ，コモチジャコであり，頭部が体長に対して相対的に大きな魚種が多い。したがって，耳石相対サイズは，沿岸性，外洋性，底棲性，遊泳性といったグループ分けや生活型では解釈しきれず，頭部の大きさや分類群毎の特性によるものと考えられる。

6-3．耳石長比について

耳石の形を特徴付ける耳石長比については，ほとんどの魚種が１から３の間である。３を超えるのは，コイ科，エソ類，コチ科，サバ科の一部，ムネダラ，ギンダラ，エゾイソアイナメ，オニカサゴ，ヤマトカマス，アブラソコムツ，バラムツ，ツムブリであり，１を下回る縦長の耳石は，デメエソ，シラウオ，ミカドハダカ，アカチョッキクジラウオ，マツカサウオ，メダカ，カムチャッカゲンゲ，イトヒキハゼにみられる。分類群毎で比べると平均値が2.5を超えるような細長い耳石を持つのは，エソ科，カマス科，サバ科，コチ科，クロタチカマス科，ヒメ目，対して平均値が1.2程度の分類群は，ハゼ科，フグ科，ハダカイワシ科などである。したがって，系統進化学的な傾向は認めら

れないものの，頭部が縦扁している魚種は耳石長比が大きく，頭部が丸い魚種は耳石長比が小さい傾向がある。したがって，耳石の大きさや細長さは，頭部の大きさや形，神経頭蓋の耳殻部の大きさや形に大きく規定されるものと思われる。

ただし，近縁種で耳石相対サイズと耳石長比が明確に異なっている例が少なくない（Table 3-2）。キントキダイ科のカメキントキとキントキダイの耳石を比べると，溝は共に$Ⅱ_1$型であるが，キントキダイの方が，耳石が小型で若干丸い形をしている。ヒイラギ科のヒイラギとオキヒイラギを比べると，ヒイラギの方が耳石は小型で，細長く，溝も後縁まで達している。スズメダイ科のスズメダイとオヤビッチャを比べると，スズメダイの耳石の方が小型で，細長く，溝も後縁まで達していない。チカメキントキ，ヒイラギ，オヤビッチャは比較的体長が大きいことや，オキヒイラギやスズメダイの方が沖側に生息するといった違いがあるものの，それらが耳石の大きさや形状を規定しているとは判断できない。内耳の形態学的な検討が必要であろう。

おわりに

人間の耳石は平衡砂 statoconia（otolith）とよばれる多数の小さな砂粒で，ゼラチン様の膜（平衡砂膜）内に存在し，大きさは10ミクロン内外である（山本ら1999）。また，板鰓類では耳石の代わりに平衡砂（statoconia）を含むコロイド状の塊である（落合，1994）。つまり，板鰓類の耳石は人間の耳石に似ており，魚類の耳石は軟骨魚と硬骨魚では異なっていると判断される。しかし，特にエイ類の耳石の情報が乏しい。円口類（ヤツメウナギ・ヌタウナギ類）も含めて，これら魚類についても，耳石の形態や構造の記載が望まれる。一方，イカ類やタコ類の耳石は，硬骨魚類の耳石と性状が似ている。動物の分類群を大きく包括した耳石の機能形態を検討する必要があると思われる。

本研究において，各種の耳石欠刻の形状や程度，耳石凸面（溝側）の隆起等のここの特徴については記載しているものの，判別分析等，それらを統計的に類型化して解析するには至らなかった。また平面形，側面形，溝の形状・類型，耳石相対サイズ，耳石長比についても，生息域，分布範囲，生息水深，回遊や南北移動の度合，浅深移動の有無，生息水温，聴力，遊泳速度，生活史，食性，生殖行動，寿命，成長，卵数卵サイズ，鱗の型といった生活史や生理特性との関係を検討していない。これらの課題は，耳石形状の規定要因や耳石の機能形態を明らかにするために，今後の研究に委ねたい。

ただし，耳石輪紋（年輪もしくは年輪と思われる構造）については，水温との関係，成長速度との関係，生活年周期との関係の再検討が行われている（Katayama and Isshiki, 2006，片山ら2006）。耳石輪紋研究者による成果を期待したい。

謝　辞

本研究を発表するにあたり，とりまとめのご指導と論文のご校閲をいただいた中央水産研究所業務推進部長入江隆彦博士には深く感謝申し上げる。本研究をすすめるにあたっては，元東海区水産研究所企画連絡室長故佐藤祐二博士，元東北大学大学院農学研究科教授大森迪夫博士，元西海区水産研究所故花渕信夫下関支所長，元瀬戸内海区水産研究所矢野実企画連絡室長にはご理解ある便宜と有益なご助言をいただき，心から深謝の意を表したい。また，標本採集や情報収集等にあたっては，長崎大学名誉教授多部田修博士には標本魚の同定と耳石に関する文献の提供をいただき，元東北区水産研究所八戸支所石戸芳男底魚資源室長，元東北区水産研究所資源管理部高橋章作主任研究官，元岩手県水産技術センター長洞幸夫副所長，北海道区水産研究所業務推進部長北川大二博士，石巻専修大学理工学部教授角田出博士には標本魚の採集と情報収集にご協力をいただいた。記して厚く御礼申し上げる。

文　献

Aass P., 1972: Age determination and year-class fluctuations of cisco, *Coregonus albula* L., in the Mjφsa hydroelectric reservoir, Norway. Inst. Freshw. Res., **52**, 5-22.

Adachi K., Takagi K., Tanaka E., Yamada S. and Kitakado T., 2000: Age and growth of *alfonsino Beryx* splendens in the waters sround Izu Islands. Fisheries Science, **66**, 232-240.

Aguilera O. and Aguilera D. R., 2001: An exceptional coastal upwelling fish assemblage in the Caribbean neogene. J. Paleontology, **75**, 732-742.

Aguilera O. and Aguilera O. R., 2003: Two new otolith-based sciaenid species of the genus *Plagioscion* from south American neogene marine sediments. J. Paleontology, **77**, 1133-1138.

Aguirre H. and Lombarte A., 1999: Ecomorphological comparisons of sagittae in *Mullus barbatus* and *M. surmuletus*. J. Fish Biol., **55**, 105-114.

Ahrenholz D. W., Fitzhugh G. R., Rice J. A., Nixon S. W. and Pritchard W. C., 1995: Confidence of otolith ageing through the juvenile stage for Atlantic menhaden, *Brevoortia tyrannus*. Fish. Bull., **93**, 209-216.

相澤 康, 1994: 相模湾のワカサギ資源調査－Ⅱ. 神奈川淡水水試研報, **30**, 68-70.

Albrechtsen K., 1968: A dying technique for otolith age reading. J. Cons. perm. int. Explor. Mer, **32**, 278-280.

Anderi D. S., Nishimura A. and Lowe S. A., 1996: Is the first annulus on the otolith of the atka mackerel, *Pleurogrammus monopterygius*? Fish. Bull., **94**. 163-169.

Anderson J. R., Morison A. K. and Ray D. J., 1992a: Age and growth of murray cod, *Maccullochella peelii* (Perciformes: Percichthyidae), in the lower Murray-Darling Basin, Australia, from thin-sectioned otoliths. Aust. J. Mar. Freshw. Res., **43**, 983-1013.

Anderson J. R., Morison A. K. and Ray D. J., 1992b: Validation of the use of thin-sectioned otoliths for determining the age and growth of golden perch, *Macquaria ambigua* (Perciformes : Percichthyidae), in the lower Murray-Darling Basin, Australia. Aust. J. Mar. Freshw. Res., **43**, 1103-1128.

Anderson M. E., and Cailliet G. M., 1974: Occurrence of the rare North Pacific frostfish, *Benthodesmua elongatus pacificus* Parin and Becker, 1970, in Monterey Bay, California. Calif. Fish and Game, **60**, 149-152.

Andrade H. A., 2004: Age and growth of the searobin (*Prionotus punctatus*) in Brazilian waters. Bull. Mar. Sci., **75**, 1-9.

Andrews A. H., Caillit G. M. and Coale K. H., 1999: Age and growth of the Pacific grenadier (*Coryphaenoides acrolepis*) with age estimate validation using an improved radiometric ageing technique. Can. J. Fish. Aquat. Sci., **56**, 1339-1350.

Ann H. B., 1971: Studies on the age and growth of the Pacific mackerel, *Scomber japonicus* Houttuyn. Bull. Fish. Res. Dev. Agency, **7**, 7-24.

Antonelis Jr. G. A., Fiscus C. H. and Delong R. L., 1984: Spring and summer prey of California Sea lions, *Zalophus californianus*, at San Miguel Island, California, 1978-79. Fish. Bull., **82**, 67-76.

Arai T. and Iwamoto T., 1979: A new species of the macrourid fish Genus Coelorinchus from off Tasmania, New Zealand and the Falkland Island. Jan. J. Ichthyol., **26**, 238-246.

Arai T., 1979: A additional information on a rare macrourid fish, Mesobius antipodum, from New Zealand. Jan. J. Ichthyol., **25**, 286-290.

Arellano R. V., Hamerlynck O., Vincx M. Mees J., Hostens K., and Gijselinck W., 1995: Changes in the ratio of the sulcus acusticus area to the sagitta area of *Pomatoschistus minutus* and *P. lozanoi* (Pisces, Gobiidae). Mar. Biol., **122**, 355-360.

有江康章, 石田雅俊, 1989a: 福岡県豊前海産マコガレイの資源生物学的研究－Ⅰ成長について. 福岡県豊前水試研報, **2**, 31-38.

有江康章, 石田雅俊, 1989b: 福岡県豊前海産メイタガレイの資源生物学的研究－Ⅰ成長について. 福岡県豊前水試研報, **2**, 45-51.

有江康章, 石田雅俊, 尾田一成, 1988: 福岡県豊前海産イシガレイの資源生物学的研究－Ⅰ成長について. 福岡県豊前水試研報, **1**, 17-24.

有薗真琴, 松浦秀喜, 大内俊彦, 道中和彦, 1974: カサゴの放流技術開発に関する研究. 山口外海水試研報, **16**, 32-52.

厚地 伸, 増田育司, 赤毛 宏, 伊折克生, 2004: 耳石横断薄層切片を用いた鹿児島県近海産ヒラメの年齢と成長. Nippon Suisan Gakkaishi, **70**, 714-721.

畔田正格, 落合 明, 1962: 若狭湾産マアジの系群に関する研究. 日水誌, **28**, 967-978.

Bagenal T. B., 1955a: The growth rate of the long rough dab *Hippoglossoides platessoides* (Fabr). J.mar. biol. Ass. U. K., **34**, 297-311.

Bagenal T. B., 1955b: The growth rate of the long rough dab *Hippoglossoides platessoides* (Fabr)-a correction. J. mar. biol. Ass. U. K., **34**, 643-647.

Bailey K. M., Brown A. L., Nishimura A. and Reilly M. T., 1995: Three-dimensional imaging of walleye pollock otoliths: reconstruction from serial sections and fluorecent laser cytometry. J. Fish Biol., **47**, 671-678.

Bailey M. M., 1972: Age growth, reproduction and food of the burbot *Lota lota* (Linnaeus), in south-western Lake Superior. Trans. Amer. Fish. Soc., **4**, 667-674.

Bailey R. F. J., Able K. W. and Leggett W. C., 1977: Evidence for the presence of ametamorphic check in capelin (*Mallotus villosus*) otoliths and implications for age determination. J. Fish. Res. Board Can., **34**, 2008–2014.

Baker M. S. Jr., Wilson C. A. and vanGent D. L., 2001: Testing assumptions of otolith radiometric aging with two long-lived fishes from the northern Gulf of Mexico. Can. J. Fish. Aquat. Sci., **58**, 1244–1252.

Barbieri L. R., Chittenden Jr. M. E. and Jones C. M., 1994: Age, growth, and mortality of Atlantic croaker, *Micropogonias undulates*, in the Chesapeake Bay region, with a discussion of apparent geographic changes in population dynamics. Fish. Bull., **92**, 1–12.

Barger L. E., 1985: Age and growth of Atlantic croakers in the northern Gulf of Mexico, based on otolith section. Trans. Amer. Fish.Soc., **114**, 847–850.

Barger L. E., 1990: Age and growth of bluefish *Pomatomus saltatrix* from the northern Gulf of Mexico and U. S. south Atlantic coast. Fish. Bull., **88**, 805–809.

Barnes M. A. and Power G., 1984: A comparison of otolith and scale ages for western Labrador Lake whitefish, *Coregonus clupeaformis*. Env. Biol. Fish., **10**, 297–299.

Basimi R. A., and Grove D. J., 1985: Studies on feeding, growth and production of a recruited inshore population of *Pleuronectes platessa* (L.) at east Anglesey, north Wales. J. Fish Biol., **27**, 765–783.

Beamish R. J., 1979: Differences in the age of Pacific hake (*Merluccius productus*) using whole otoliths and section of otoliths. J. Fish. Res. Board Can., **36**, 141–151.

Beamish R. J., 1979: New information on the longevity of Pacific Ocean perch (*Sebastes alutus*). J. Fish. Res. Board Can., **36**, 1395–1400.

Beamish R. J., and Chilton D. E., 1982: Preliminary evaluation of a method to determine the age of sablefish (*Anoplopoma fimbria*). Can. J. Fish. Aquat. Sci., **39**, 277–287.

Beckman D. W., Stanley A. L., Render J. H. and Wilson C. A., 1990: Age and growth of black drum in Louisiana waters of the Gulf of Mexico. Trans. Amer. Fish. Soc., **119**, 537–544.

Beckman D. W., Stanley A. L., Render J. H. and Wilson C. A., 1991: Age and growth-rate estimation of sheepshead *Archosargus probatocephalus* in Louisiana waters using otoliths. Fish. Bull., **89**, 1–8.

Beckman D. W., Wilson C. A. and Stanley A. L., 1989: Age and growth of red drum, *Sciaenops ocellatus*, from offshore waters of the northern Gulf of Mexico. Fish. Bull., **87**, 17–28.

Bennett B. A. and Griffiths C. L., 1986: Aspects of the biology of galjoen *Coracinus capensis* (Cuvier) off the south-western cape, South Africa. S. Afr. J. Mar. Sci., **4**, 153–162.

Berg R., 1985: Age determination of eel, *Anguilla anguilla* (L): comparison of field data with otolith ring patterns. J. Fish Biol., **26**, 537–544.

Bergstad O. A., 1990: Distribution, population structure,growth and reproduction of the roundnose grenadier *Coryphaenoides rupestris* (Pisces:Macrouridae) in the deep waters of the Skagerrak. Mar. Biol., **107**, 25–39.

Bergstad O. A. 1993: Distribution, population structure, growth and reproduction of the grater silver smelt, *Argentna silus* (Pisces, Argentinidae), of the Skagerrak and the north-eastern North Sea. ICES J. mar. Sci., **50**, 129–143.

Bilton H. T. and Jenkinson D.W., 1968: Comparison of the otolith and scale methods for aging sockey (*Oncorhynchus nerka*) and chum (*O. keta*) salmon. J. Fish. Res. Board Can., **25**, 1067–1069.

Bilton H. T. and Jenkinson D.W., 1969: Age determination of sockeye (*Oncorhynchus nerka*) and chum (*O. keta*) salmon from examination of pectoral fin rays. J. Fish. Res. Board Can., **26**, 1199–1203.

Bird J. L., Eppler D. T. and Checkley D. M., 1986: Comparison of herring otoliths using Fourier series shape analysis. Can. J. Fish. Aquat. Sci., **43**, 1228–1234.

Bishop K. A. and Bell J. D., 1978: Aspects of the biology of the Australian grayling *Prototroctes maraena* G nther (Pisces:Prototroctidae). Aust. J. Mar. Freshw. Res., **29**, 743–761.

Boehlert G. W., 1985: Using objective criteria and multiple regession models for age determination

in fishes. Fish. Bull., **83**, 103–117.

Boehlert G. W., and Yoklavich M. M. 1984: Variability in age estimates in *Sebastes* as a function of methodology, different readers, and different laboratories. Calif. Fish and Game, **70**, 210–224.

Boëtius J., 1985: Greenland eel, *Anguilla rostrata* LeSuear. Dana, **4**, 41-48.

Booth A. J., Merron G. S. and Buxton C. D., 1995: The growth of *Oreochromis andersonii* (Pisces: Cichlidae) from the Okavango Delta, Botswana, and a comparison of the scale and otolith methods of ageing. Env. Biol. Fish., **43**, 171–178.

Borges L., 2000: Age and growth of the snipefish, *Macrorhamphosus* spp., in the Portuguese continental waters. J. Mar. Biol. Ass. U. K., **80**, 147–153.

Bori C., 1986: Análisis morfométrico comparado del otolith (sagitta) de *Solea vulgaris, S.senegalensis* (Tleostei: Soleidae) del delta del Ebro. Inv. Pesq., **50**, 247–264.

Bothe L., 1971: Growth and otolith morphology of the Cape hakes, *Meluccius capensis* Cast and *Merluccius paradoxus* Franca. Investl. Rep. Div. Sea Fish. Afr., **97**, 1–32.

Bratberg E., 1956: On the interpretation of the opaque and hyaline zones in the otoliths of immature redfish (*Sebastes marinus* L.). J. du Cons., **22**, 66–74.

Brophy D. and Danilowicz B. S., 2003: The influence of prerecruitment growth on subsequent growth and age at first spawning in Atlantic herring (*Clupea harengus* L.). ICES J. mar. Sci., **60**, 1103–1113.

Brown F. R., and Mate B. R. 1983: Abundance, movements, and feeding habits of harbor seals, *Phoca vitulina*, at Netarts and Tillamook Bays, Oregon. Fish. Bull., **82**, 291–301.

Brown I. W. and Sumpton W. D., 1998: Age, growth and mortality of redthroat emperor *Lethrinus miniatus* (Pisces: Lethrinidae) from the southern great barrier reef, Queensland, Australia. Bull. Mar. Sci., **62**, 905–917.

Brown P., Green C., Sivakumaran K. P., toessel D. S. and Giles A., 2004: Validating otolith annuli for annual age determination of common carp. Trans. Amer. Fish. Soc., **133**, 190–196.

Brown R. F. and Mate B. R., 1983: Abundance, movements, and feeding habits of harbor seals, *Phoca vitulina*, at Netarts and Tillamook Bays, Oregon. Fish. Bull., **81**, 291–301

Bullock L. H., Murphy M. D., Godcharles M. F. and Mitchell M. E., 1992: Age, growth, and reproduction of jewfish *Epinephelus itajara* in the eastern Gulf of Mexico. Fish. Bull., **90**, 243–249.

Burchett M. S., Devries A., and J.Briggs A., 1984: Age determination and growth of *Dissostichus mawsoni* (Norman, 1937) (Pisces, Nototheniidae) from McMurdob Sound (Antarctica). Cybium, **8**, 27–31.

Buxton C. D. and Clarke J. R., 1989: The growth of *Cymatoceps nasutus* (Teleostei: Sparidae), with comments diet and reproduction. S. Afr. J. Mar. Sci., **8**, 57–65.

Buxton C. D., 1993: Life-history changes in exploited reef fishes on the east coast of South Africa. Env. Biol. Fish., **36**, 47–63.

Cadwallader P. L., 1978: Age, growth and condition of the common river galaxias, *Galaxias vulgaris* Stokell, in the Glentui River, Canterbury, New Zealand. Fish. Res. Bull., **17**, 9–35.

Cailliet G. M, and Lea R. N., 1977: Abundance of the "rare" zoarcid, *Maynea California* Gilbert, 1915, in the Monterey Canyon, Monterey Bay, California. Calif, Fish and Game, **63**, 253–261.

Cambell R. B., 1929: Fish otoliths, their occurrence and value as stratigraphic markers. J. Paleontology, **3**, 254–279.

Campana S. E. and Casselman J. M., 1993: Stock discrimination using otolith shape analysis. Can. J. Fish. Aquat. Sci., **50**, 1062–1083.

Campana S. E. and Jones C. M., 1998: Radiocarbon from nuclear testing applied to age validation of black drum, *Pogonias cromis*. Fish. Bull., **96**, 185–192.

Campana S. E., 2004: Photographic atlas of fish otoliths of the northwest Atlantic Ocean. Can. Spec. Pupl. Fish. Aquat. Sci., **133**, 1–284.

Campbell G., and Collins R. A., 1975: The age and growth of the Pacific bonito, *Sarda chiliensis*, in the eastern North Pacific. Calif. Fish and Game, **61**, 181–200.

Campbell R. B., 1929: Fish otoliths, their occurrence and value as stratigrahic markers. J. Paleontology,

3, 254-279.

Carl L. M., Kraft M. and Rhude L., 1989: Growth and taxonomy of bull charr, *Salvelinus confluentus* in Pinto Lake, Alberta. Env. Biol. Fish., **26**, 239-246.

Casselman J. M., Collins J. J., Crossman E. J., Ihssen P. E., and Spangler G. R., 1981: Lake whitefish (*Coregonus clupeaformis*) stocks of the Ontario water of Lake Huron. Can. J. Fish. Aquat. Sci., **38**, 1772-1789.

Casteel R. W., 1974: Identification of the species of Pacific salmon (genus *Oncorhynchus*) native to North America based upon otoliths. Copeia, **2**, 305-311.

Castonguay M., Simard P., and Gagnon P., 1991: Usefulness of Fourier Analysis of otolith shape for Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) stock discrimination. Can. J. Fish. Aquat. Sci., **48**, 296-302.

Chilton D. E. and Stocker M., 1987: A comparison of otolith scale methods for ageing Pacific herring. Nor. Amer. J. Fish. Manage., **7**, 202-206.

陳　二郎，桜井泰憲，1993: コマイの年齢と成長．北水試研報，**42**, 251-264.

陳　哲聡，大滝英夫，1974: 東シナ海・黄海メイタガレイの資源生物学的研究．西水研研報，**46**, 1-20.

Chisnall B. L., 1989: Age, growth,and condition of freshwater eels (*Anguilla* sp.) in backwaters of the lower Waikato River, New Zealand. N. Z. J. Mar. Freshw. Res., **23**, 459-465.

Chisnall B. L. and Hayes J. W., 1991: Age and growth of shortfinned eels (*Anguilla australis*) in the lower Waikato basin, North Island, New Zealand. N. Z. J. Freshw. Res., **25**, 71-80.

Chisnall B. L. and Hicks B. J., 1993: Age and growth of longfinned eel (*Anguilla dieffenbachii*) in pastoral and forested streams in the Waikato River basin, and in two hydroelective lakes in the North Island, New Zealand. N. Z. J. Mar. Freshw. Res., **27**, 317-332.

Chisnall B. L. and Kalish J. M., 1993: Age validation and movement of freshwater eels (*Anguilla Dieffenbachii*) and *A. australis*) in a New Zealand pastoral stream. N. Z.J. Mar. Freshw. Res., **27**, 333-338.

Choat J. H., and Axe L. M., 1996: Growth and longevity in acanthurid fishes; an analysis of otolith increments. Mar. Ecol. Prog. Ser., **134**, 15-26.

Choat J. H., Axe L. M., and Lou D. C., 1996: Growth and longevity in fishes of the family Scaridae. Mar. Ecol. Prog. Ser., **145**, 33-41.

Christensen J. M., 1964: Burning of otoliths, a sole and other fish. J. Cons. perm. int. Exp. Mer., **29**, 73-81.

Chu Y., Lo Y. and Wu H., 1963: A study on the classification of the sciaenoid fishes of China, with description of new genera and species. Shanghai Scientific and Technical Publ. Co., Shanghai, ii+100pp.

Chullasorn S., Mako H., Oka M. and Matsumiya Y., 1977: Studies on the fishery biology of the round herring in the Western Sea of Kyushu. Seikai Reg. Fish. Res. Lab., **50**, 37-71.

Coggan R. A., Gordon J. D. M. and Merrett N. R., 1999: Aspects of the biology of Nezumia aequalis from the continental slope west of the British Isles. J. Fish Biol., **54**, 152-170.

Coggan R., Skora K., Murray A., and White M., 1990: A comparison between age determinations of the Antarctic fish *Notothenia gibberifrons* Lönnberg using scales and otoliths. Cybium, **14**, 43-55.

Collins, M. R., Schmidt D. J., Waltz C. W., and Pickney J. L., 1988: Age and growth of king mackerel, *Scomberomorus cavalla*, from the Atlantic coast of the United States. Fish. Bull., **87**, 49-61.

Collins R. A. and Spratt J. D., 1969: Age determination of the northern anchovies, *Engraulis mordax*, from otoliths. Calif. Fish and Game, Fish. Bull., **147**, 39-55.

Colman J. A., 1974: Growth of two species of flounders in the Hauraki Gulf, New Zealand. N. Z. J. Mar. Freshw. Res., **8**, 351-370.

Crabtree R. E., Harnden C. W., Snodgrass D. and Stevens C., 1996: Age, growth, and mortality of bonefish, Albula vulpes, from the waters of the Florida Keys. Fish. Bull., **94**, 442-451.

Crabtree R. E. and Bullock L. H., 1998: Age, growth, and reproduction of black grouper, *Mycteroperca bonaci*, in Florida water. Fish. Bull., **96**. 735-753.

Cruz A. andLombarte A., 2004: Otolith size and its relationship with colour patterns and sound production. J. fish Biol., **65**, 1512-1525.

Currens K. P., Schreck C.B. and Li H.W., 1988: Reexamination of the use of otolith nuclear dimensions to identify juvenile anadromous nonanadromous rainbow trout, *Salmo gairdneri*. Fish. Bull., **86**, 160-163.

Da Silva, J. and Neilson J. D., 1985: Limitation of using otoliths recovered in scat to estimate prey consumption in seals. Can. J. Fish. Aquat. Sci., **42**, 1439-1442.

Dark T. A., 1975: Age and growth of Pacific hake, *Merluccius productus*. Fish. Bull., **73**, 336-355.

David A. W. and Grimes C. B., 1994: Vaterite sagittal otoliths in hatchery-reared juvenile red drumes. Prog. Fish-Cult., **56**, 301-303.

Davies N. M., Gauldie R. W., Crane S. A. and Thompson R. K., 1988: Otolith ultrastructure of smooth oreo, *Pseudocyttus maculates*, and black oreo, *Allocyttus* sp., species. Fish. Bull., **86**. 499-515.

Dellinger, T. and Trillmich F., 1988: Estimating diet composition from scat analysis in otariid seals (Otariidae): is it reliable? Can. J. Zool., **66**. 1865-1870.

Deree H. L., 1999: Age growth, dietary habits,and parasitism of the fourbeard rockling, *Enchelyopus cimbrius*, from the Gulf of Maine. Fish. Bull., **97**, 39-52.

Doerzbacher J. F. and Schramm Jr. H. L., 1984: Enlarger-produced photographs for the measurement of black crappie otoliths. Nor. Amer. J. Fish. Manag., **4**, 547-551.

Don Jayasinghe S. D. and Kawakami T., 1974: Race separation of deep sea smelt of Japan Sea. Bull. Jan. Soc. Sci. Fish., **40**, 255-260.

Downs C. C., White R.G. and Shepard B.B., 1997: Age at sexual maturity, sex ratio, fecundity and longevity of isolated headwater population of westslope cutthroat trout. Nor. Amer. J. Fish. Manage., **17**, 85-92.

Duffy J. M., 1977: Southern range extensions for chum and sockeye salmon, *Oncorhynchus keta* and *nerka*. Calif. Fish and Game. **63**. 196-199.

Dunkelberger D. G., Dean J. M. and Watabe N., 1980: The ultrastructure of the otolithic membrane and otolith in the juvenile mummichog, *Fundulus heteroclitus*. J. Morphology, **163**. 367-377.

Dutka-Gianelli J. and Murie D. J., 2001: Age and growth of sheepshead, *Archosargus probatocephalus* (Pisces:Sparidae), from the northwest coast of Florida. Bull. Mar. Sci., **68**, 69-83.

海老名謙一, 1936a: 血鯛の成長に就いて. 水講研報, **31**, 77-86.

海老名謙一, 1936b: 真鯛の成長に就いて. 日水誌, **4**, 411-414.

海老沢明彦, 2000: スジアラの資源生態調査. 沖縄水試事業報告, 36-40.

Ei-Haweet el-din A., and Ozawa T., 1996: Age and growth of ribbon fish *Trichiurus japonicus* in Kagoshima Bay, Japan. Fisheries Science, **62**, 529-533.

Einarsson H., 1951 Racial analyses of Icelandic herring by means of the otoliths. Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer., **128**, 55-74

Elder R. D., 1976: Stidies on age and growth, reproduction, and population dynamics of red gurnard, *Chelidonichthys kumu* (Lesson and Garnot), in the Hauraki Gulf, New Zealand. Fish. Res. Bull., **12**, 11-77.

Ennis G. P. 1970: Age, growth and sexual maturity of the shorthorn sculpin, *Myoxocephalus scorpius*, in Newfoundland water. J. Fish. Res. Board Can., **27**, 2155-2158.

Fable Jr. W. A., Johnson A. G., and Barger L. E., 1987: Age and growth of Spanish mackerel, *Scomberomorus maculatus*, from Florida and the Gulf of Mexico. Fish. Bull., **85**, 777-783.

Fagade S. O., 1980: The morphology of the otoliths of the bagrid catfish, *Chrysichthys nigrodigitatus* (Lacepede) and their use in age determination. Hydrobiologia, **71**, 209-215.

Ferreira B. P. and Russ G. R., 1992: Age,growth and mortality of the inshore coral trout *Plectropomus maculates* (Pisces:Serranidae) from the central Great Barrier Reef,Australia. Aust. J. Mar. Freshw. Res. **43**, 1301-1312.

Ferreira B. P. and Russ G. R., 1994: Age validation and estimation of growth rate of the coral trout, *Plectropomus leopardus*, (Lacepede, 1802) from Lizard Island, northern Great Barrier Reef. Fish. Bull., **92**, 46-57.

Fisher A. J. and B. A. Thompson, 2004: The age and growth of southern flounder, *Paralichthys*

lethostigma, from Louisiana estuarine and offshore waters. Bull. Mar. Sci., **75**, 63-77.

Fitch J. E., 1951: Age composition of the southern California catch of Pacific mackerel 1939-40 through 1950-51. Calif. Fish and Game, Fish Bull., **83**, 3-73.

Fitch J. E., 1964: The fish fauna of the Playa Del Ray Locality a Southern California Marine Pleistocene deposit. Los Ang. Count. Mus. Contrib. Sci., **82**, 1-35.

Fitch J. E., 1966: Additional Fish remains mostly otoliths, from a Pleistocene deposit at Playa Del Rey, California. Los Ang. Count. Mus. Contrib. Sci., **119**, 1-16.

Fitch J. E., 1967a: The marine fish fauna, based primarily on otoliths of a lower Pleistocene deposit at San Pedro, California (Lacmip 332, San Pedrd Sand). Los Ang. Count. Mus. Contrib. Sci., **128**, 1-122.

Fitch J. E., 1967b: Fish remaines recovered from a Corona Del Mar California Indian Midden (ORA-190). Calif. Fish and Game, **53**, 185-191.

Fitch J. E., 1968: Otoliths and other fish remains from the Timms Point Silt (Early Pleistocene) at San Pedro, California. Los Ang. Count. Mus. Contrib. Sci., **146**, 1-29.

Fitch J. E. and Barker L. W., 1972: The fish family moridae in the eastern north Pacific with notes on morid otoliths, caudal skeletons, and the fossil record. Fish. Bull., **70**, 565-584.

Fitch J. E. and Brownell R. L.. Jr., 1968: Fish otoliths in cetacean stomachs and their importance in interpreting feeding habits. J. Fish. Res. Board Can., **25**, 2561-2574.

Fitch J. E. and Craig W. L., 1964: First records for the bigeye thresher (*Alopias superciliosus*) and slender tuna (*Allothunnus fallai*) from California, with notes on eastern Pacific scombrid otoliths. Calif. Fish and Game, **50**, 195-206.

Fitch J. E., and Schultz S. A., 1978: Some rare unysual occurrences of fishes off California and Baja California. Calif. Fish and Game, **64**, 74-92.

Fletcher W. J., 1991: A test of the relationship between otolith weight and age for the pilchard *Sardinops neopilchardus*. Can. J. Fish. Aquat. Sci., **48**, 35-38.

Fletcher W. J., 1995: Application of the otolith weight-age relationship for the pilchard, *Sardinops sagax* neopilchardus. Can. J. Fish. Aquat. Sci., **52**, 657-664.

Follett W. I., and Powell D., 1988: *Ernogrammus walkeri*, a new species of prickleback (Pisces:Stichaeidae) from south-central California. Copeia, **1988**, 135-152.

Forest J., 1951: Observations sur deux Ammodytid és des Côes Françaises, *Ammodytes lanceolatus* Lesauvage et *Ammodytes lancea* Cuvier. J. du Cons., x vi , 179-182.

Fowler A. J. and Doherty P. J., 1992: Validation of annual growth increments in the otoliths of two species of damselfish from the southern Great Barrier Reef. Aust. J. Mar. Freshw. Res., **43**, 1057-1068.

Fowler A. J. and Short D. A., 1998: Validation of age determination from otoliths of the king george whiting *Sillaginodes punctata* (Perciformes). Mar. Biol., **130**, 577-587.

Francis M. P., 1981: Age and growth of moki, *Latridopsis ciliaris* (Teleostei:Latridae). N. Z. J. Mar. Freshw. Res., **15**, 47-49.

Francis M. P., Mulligan K. P., Davies N. M. and Beentjes M. P., 1999: Age and growth estimates for New Zesland hapuku, *Polyprion oxygeneios*. Fish. Bull., **97**, 227-242.

Francis M. P., Williams M. W., Pryce A. C., Pollard S. and Scott S. G., 1993: Uncoupling of otolith and somatic growth in *Pagrus auratus* (Sparidae). Fish. Bull., **91**, 159-164.

Francis R. I. C. C., 1992: Otolith radius is a poor preditor of age in adult snapper (*Pagrus auratus*). Aust. J. Mar. Freshw. Res., **43**, 1199-1202.

Francis R. I. C. C. and Horn, P. L., 1997: Transition zone in otoliths of orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*) and its relationship to the onset of maturity. Mar. Biol., **129**, 681-687.

Francis R. I. C. C., Paul L. J. and Mulligan K. P., 1992: Ageing of adult snapper (*Pagrus auratus*) from otolith annual ring counts: validation by tagging and oxytetracyclin injection. Aust. J. Mar. Freshw. Res., **43**, 1069-1089.

Friedland K. D. and Reddin O. G., 1994: Use of otolith morphology in stock discriminations of Atlantic

salmon (*Salmo salar*). Can. J. Fish. Aquat. Sci., **51**, 91-98.

Frizzel D. L., Dante J. H., 1965: Otoliths of some early Cenozoic fishes of the Gulf coast. J. Paleontology, **39**, 687-718.

Frizzel D. L. and Dante J. H., 1965: Otoliths of some early cenozoic fishes of the Gulf Coast. J. Paleontology, **39**, 678-718.

Frost G. A., 1924: Fish otoliths from the stmach of a porpoise. Nature, **113**, 310.

Fryd C., 1901: Die Otolithen der Fishe in Bezug auf ihre Bedeutung für Systematik und Alterbestimmung. Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 1-54.

藤　紘和，多胡信良，林　功，1974: カレイ類の漁場資源生態調査研究（第Ⅱ報）対象魚種：イシガレイ，マコガレイ．福岡県豊前水試研究業務報告，81-108, 昭和47年度，福岡県豊前水産試験場，1-226.

藤　紘和，林　功，1975: カレイ類の漁場資源生態調査研究（第Ⅲ報）対象魚種：イシガレイ，マコガレイ．福岡県豊前水試業務報告，57-78, 昭和48年度，福岡県豊前水産試験場，1-220.

藤村治夫, 廣本正和, 木村　博, 1997: メバル生態調査. 山口内海水試報告, **26**, 87-91.

藤原邦浩，片山知史，大森迪夫，北川大二，2002: テナガダラ *Abyssicola macrochir* (GÜNTHER) の分布様式．東北底魚研究，**22**, 1-3.

Fujiwara S. and Hankin D. G., 1988: Ageing discrepancy related to asymmetrical otolith growth for sablefish Anoplopoma fimbria in northern California. Nippon Suisan gakkaishi, **54**, 27-31.

福島県水産試験場，1974: 昭和47年・48年度太平洋北区栽培漁業漁場資源生態調査選択魚種（アイナメ・メバル・キツネメバル）に関する調査結果報告書，Ⅱ，アイナメ．福島水試調査研究資料，**127**, 11-24.

福島県水産試験場，1975: 昭和49年度太平洋北区栽培漁業資源生態調査 ヤナギムシガレイ・スズキに関する調査結果報告書．福島水試調査研究資料，**134**, 1-33.

Fukuwaka M. 1996: Allometric back-calculation of individual growth for Chum salmon otolith during early life. Rep. Hokkaido Salmon Hatchery, **50**, 113-116.

Gaemers P. A. M., 1984: Taxonomic position of the Cichlidae (Pisces, Perciformes) as demonstrated by the morphology of their otoliths. Netherlands J. Zool., **34**, 566-595.

Gago F. J., 1993: Morphology of saccular otoliths of six species of lanternfishes of the genus *Symbolophorus* (Pisces: Myctophidae). Bull. Mar. Sci., **52**, 949-960.

Gambell R. and Messtorff J., 1964: Age determination in the whiting (*Merlangius merlangus* L.) by means of the otoliths. J. du Cons., **28**, 393-404.

Garter Jr. J. V., 1991: Life histories of three species of lanternfishes (Pisces : Myctophidae) from the eastern Gulf of Mexico, 1 Morphological and icrostructural analysis of sagittal otoliths. Mar. Biol., **111**, 11-20.

Gauldie R. W., 1986: Vaterite otoliths from chinock salmon (*Oncorhynchus tschawytscha*). N. Z. J. Mar. Freshw. Res., **20**, 209-217.

Gauldie R. W., 1993: Polymorphic crystalline structure of fish otoliths. J. Morphology, **218**, 1-28.

Gauldie R. W., 1994: The morphological basis of fish age estimation methods based on the otolith of *Nemadactylus macropterus*. Can. J. Fish. Aquat., **51**, 2341-2362.

Gauldie R. W., 1995: Biological history and age estimation from the zones, checks, and microincrements of the otolith of the alfonsin, *Beryx splendens* (Berycidae). Cybium, **19**, 107-129.

Gauldie R. W. and Crampton J. S., 2002: An eco-morphological explanation of individual variability in the shape of fish otolith: comparison of the otolith of *Hoplostethus atlanticus* with other species by depth. J. Fish Biol., **60**, 1204-1221.

Gjφaeter H. and Ajiad A. M., 1994: Growth to polar cod, *Boreogadus saida* (Lepechin), in the Barents Sea. ICES J. mar. Sci., **51**, 115-120.

Gjφaeter H. and Loeng H., 1987: Growth of the Barents Sea capelin, *Mallosus villotus*, in relation to climate. Env. Biol. Fish., **20**, 293-300.

Go Y. B., Kawaguchi K. and Kusaka T., 1977a: Ecologic study on *Diaphus suborbitalis* WEBER (Pisces, Myctophidae) in Suruga Bay, Japan- I Method of aging and its life span. Bull. Jan. Soc. Sci. Fish., **43**, 913-919.

Go Y. B., Kawaguchi K. and Kusaka T., 1977b: Ecologic study on *Diaphus suborbitalis* WEBER (Pisces, Myctophidae) in Suruga Bay, Japan-II Growth pattern. Bull. Jan. Soc. Sci. Fish., **43**, 1411-1416.

Gon O., Ben-Tuvia A., 1983: The biology of boyer's sand smelt, *Atherina boyeri* Risso in the Bardawil Lagoon on the Mediterranian coast of Sinai. J. Fish. Biol., **22**, 537-547.

Gooley G. J., 1992: Validation of the use of otoliths to determine the age and growth of murray cod, *Maccullochella peelii* (Mitchell) (Percichthyidae), in Lake Charlegrark, western Victoria. Aust. J. Freshw. Res., **43**, 1091-1102.

Gordon J. D. M. and Swan S. C., 1996: Validation of age readings from otoliths of juvenile roundnose grenadier, *Coryphaenoides rupestris*, a deep-water macrourid fish. J. Fish Biol., **49**, 289-297.

後藤 晃，大石浩平，高田啓介，1979: 北海道久根別川水系一水路におけるイバラトミヨ Pungitius pungitius (L.) の産卵習性，生長および食物．北大水産彙報，**30**, 239-251.

後藤勝弥，2000：福島県海域におけるマアナゴの成長と成熟について．東北底魚研究，**20**, 11-14.

Gotshall D. W., 1977: Stomack contents of northean California Dungeness crabs, *Cancer magister*. Calif. Fish and Game, **63**, 43-51.

Grainger E. H., 1953: On the age, growth, migration, reproductive potential and feeding habits of the Arctic char (*Salve*) of Frobisher Bay, Baffin Island. J. Fish. Res. Board Can., **10**, 326-370.

Granada V. P. and Masuda Y., Matsuoka T., 2004: Age and growth of the yellowbelly threadfin bream *Nemipterus bathybius* in Kagoshima Bay, southern Japan. Fisheries Science, **70**, 497-506.

Gray R. W. and Andrews C. W., 1971: Age and growth of the American eel (*Anguilla rostrata* LeSueur) in Newfoundland water. Can. J. Zool., **49**, 121-128.

Green D. M. and Heidinger R. C., 1994: Longevity record for laegemouth bass. Nor. Amer. J. Fish. Manage., **14**, 464-465.

Greenbank J., Nelson P. R., 1959: Life history of the threespine stickleback *Gasterosteus aculeatus* Linnaeus in Karluk Lake and Bare Lake Kodiak Island, Alaska: United States Depatment of The INTERIOR, Fred A. Seaton, Secretary, Fish and Wild life Service, **59**, 537-558.

Gregory P. A., and Jow T., 1976: The validity of otoliths as indicators of age of petrale sole from California. Calif. Fish and Game, **68**, 132-140.

Griffiths M. H., 1996: Age and growth of South African silver kob *Argyrosomus inodorus* (Sciaenidae), with evidence for separate stocks. S. Afr. J. Mar. Sci., **17**, 37-48.

Griffiths M. H. and Hecht T., 1986: A preliminary study of age and growth of the monkfish *Lophius upsicephalus* (Pisces:Lophiidae) on the agulhasbank, South Africa. S. Afr. J. Mar. Sci., **4**, 51-60.

Griffiths M. H. and Hecht T., 1995: On the life-history of *Atractoscion aequidens*, a migratory sciaenid off the east coast of southern Africa. J. Fish. Biol., **47**, 962-985.

Griffiths M. H., Wilke C., Penney A. J. and melo Y., 2002: Life history of white stumpnose *Rhabdosargus globiceps* (Pisces: Sparidae) off South Africa. S. Afr. J. Mar. Sci., **24**, 281-300.

Guan R., Wang X. and Ke G., 1994: Age and growth of eels *Anguilla japonica* in a Chinese river. J. Fish Biol., **45**, 663-660.

羽賀 茂，石田昭夫，三上正一，谷野保夫，1957: コマイの成長と年令について．北水研研報，**12**, 23-28.

Hagerman F. B., 1952 : The biology of the dover sole, *Microstomus pacificus* (Lockington). Calif. Fish and Game, Fish Bull., **85**, 1-48.

Halliday R. G., 1970: Growth and vertical distribution of the glacier lantern fish, *Benthosema glaciale*, in the Northwestern Atlantic. J. Fish. Res. Board Can., **27**, 105-116.

浜田尚雄，岩井昌三，1967: 播磨灘におけるサワラの資源生物学的研究－Ｉ．形質特性と成長について．日水誌，**33**, 1013-1019.

浜田律子，1972: タチウオの耳石の横断切片による年令と成長について．西水研研報，**41**, 53-62.

濱崎清一，1993：東シナ海・黄海に分布するサワラの年齢と成長．西水研研報，**71**, 101-110.

Hammwers, B. E. and Miranda L. E., 1991: Comparison of methods for estimating age, growth, and related population characteristics of white crappies. Nor. Amer. J. Fish. Manag, **11**, 492-498.

花村宣彦，1953: 小樽近海産のソウハチガレイの資源学的考察．北水試月報，**10**, 30-36.

花渕靖子，1989: 対馬近海産タチウオの年齢と成長．西水研研報，**67**, 37-57.

花渕靖子，木下貴裕，1991: 日本海南西海域におけるソウハチの成長（予報）．漁業資源研究会議，西日本底魚部会報，**19**, 23-33.

Hanchet S. M. and Uozumi Y., 1996: Age validation and growth of southern blue whiting, *Micromesistius australis* Norman, in New Zealand. N. Z. J. Mar. Freshw. Res., **30**, 57-67.

羽生　功，1956：ニギス *Argentina semifasciata* Kishinouye の年令および成長に就いて．日水誌，**21**, 991-999.

Harada T. and T. Ozawa, 2003, Age and growth of Lestrolepis japonica (Aulopiformes: Paralepididae) in Kagoshima Bay, Southern Japan. Ichthyol Res., **50**, 182-185.

Harris J. H., 1985: Age of Australian bass, *Macquaria novemaculeata* (Perciformes: Percichthyidae), in the Sydney Basin. Aust. J. Mar. Freshw. Res., **36**, 235-246.

Harris J. H., 1987: Growth of Australian bass *Macquaria novemaculeata* (Perciformes: Percichthyidae) in the Sydney Basin. Aust. J. Mar. Freshw. Res., **38**, 351-361.

Hart A. M., and Russ G. R., 1996: Response of herbivorous fishes to crown-of-thorns starfish *Acanthaster planci* outbreaks. Ⅲ. Age,growth, mortality and maturity indices of *Acanthurus nigrofuscus*. Mar. Ecol. Prog. Ser., **136**, 25-35.

橋本博明，1991：日本産イカナゴの資源生態学的研究．広島大学生物生産学部紀要，**30**, 135-189.

橋本良平，1955：ヤナギムシガレイの年令に関する基礎的研究．東北水研研報，**4**, 156-164.

橋本良平・小谷地栄，1977: スケトウダラの相対成長の地理的変異について．東北水研研報，**38**, 41-74.

畑中　寛，1968：南東ベーリング海産ロスケガレイの年齢と成長．日水誌，**34**, 562-569.

畑中正吉，飯塚景記，1962: モ場の魚の群集生態学的研究-Ⅲ，モ場の魚の生産効率．日水誌，**28**, 305-313.

Hatanaka M., Okamoto R. 1950: Studies on population of Japanese sand lance (*Ammodytes personatus* Girard). Tohoku J. Agr. Res., **1**, 57-67.

Hatanaka M., Sekino K. K., and Otsuka A., 1952: Studies on the populations of the flatfishes in Sendai bay., Ⅱ Age, growth and spawning of *Kareius bicoloratus* (Basilewsky). Tohoku J. Agr. Res., **2**, 25-32.

服部　勉，1998：東北太平洋岸におけるキチジの年齢と生長様式．漁業資源研究会議，底魚部会報，**1**, 3-10.

服部　勉，桜井泰憲，島崎健二，1992: マダラの耳石薄片法による年齢査定と成長様式．日水誌，**58**, 1203-1210.

林　清，1965：恵山群スケトウダラ資源の漁況予測，北水試月報，**22**, 11-20.

林　清，1958：エゾカラスガレイ *Reinhardtius hippoglossoides* (Walbaum) について．北水試月報，**15**, 105-110.

林　凱夫，1978：大阪湾産タチウオの漁業生物学的研究．大阪府水試研報，**5**, 99-115.

林　周，道津光生，大田雅隆，1995: 耳石によるカサゴの年齢査定における横断面法と表面法の信頼性の比較．日水誌，**61**, 1-5.

林　泰行，1976a: 東シナ海産アカアマダイの成長に関する研究—Ⅰ　年齢表示形質としての耳石の検討．日水誌，**42**, 1237-1247.

林　泰行，1976b: 東シナ海産アカアマダイの成長に関する研究—Ⅱ　耳石による年齢と成長の推定．日水誌，**42**, 1243-1249.

林　泰行, 1995：周防灘に来遊するマナガツオの生態，山口県水産試験場報告，**24**, 1-5.

林　泰行・高木和昭・尾串好隆，1987: 東シナ海シロアマダイの生態的研究．山口外海水試研報，**22**, 20-29.

Hecht T., 1987: A guide to the otoliths of southern Ocean fishes. S.Afr. J. Antarct. Res., **17**, 2-85.

Hecht T. and Appelbaum S., 1982: Morphology and taxonomic significance of the otoliths of some bathypelagic Anguilloidei and Saccopharyngoidei from the Sargasso Sea. Helgoländer Meeresunterssuchungen, **35**, 301-308.

平川英人，1980：福島県における小型底曳網の資源に関する研究－Ⅰ，イシガレイの漁獲への加入以降の年令および成長について．福島水試研報，**6**, 1-10.

平川英人，1992: 福島沿岸域に分布するアイナメの成長および資源管理．第13回底魚チーム会議報告，43-48.

久田哲二，井上太郎，濱中雄一，2000: 若狭湾西部海域におけるメバルの年齢・成長・成熟．京都府立

海洋センター研報，22，44-49.

Hoedt F. E., 1992: Age and growth of a large tropical anchovy, *Thryssa hamiltoni* (Gray):a comparison of ageing technique. Aust. J. Mar. Freshw. Res., **43**, 953-971.

Holden M. J., 1959: Evidence of cod (*Gadus morhua* L.) migration from the Norway coast to the Faroese Islands. J. du Cons., **26**, 68-72.

Holtzhausen J. A. and Kirchner C. H., 2001: Age and growth of two populations of west coast steenbras *Lithognathus aureti* in Namibian waters, based on otolith readings and mark-recapture data. S. Afr. J. Mar. Sci., **23**, 169-179.

Hood P. B. and Johnson A. k., 2000: Age, growth, mortality, and reproduction of red porgy, *Pagrus pagrus*, from the eastern Gulf of Mexico. Fish. Bull., **98**, 723-735.

Hopkins C. L., 1979: Age-related growth characteristics of *Galaxias faciatus* (Salmoniformes: Galaxiidae). N. Z. J. Mar. Freshw. Res., **13**, 39-46.

Horn P. L., 1988: Age and growth of bluenose, *Hyperoglyphe Antarctica* (Pisces: Stromateoidei) from the lower east coast, North Island, New Zealand. N. Z. J. Mar. Freshw. Res., **22**, 369-378.

Horn P. L., 1993a: Growth, age structure, and productivity of jack mackerels (*Trachurus* spp.) in New Zealand waters. N. Z. J. Mar. Freshw. Res., **27**, 145-155.

Horn P. L., 1993b: Growth, age structure, and productivity of ling, *Genypterus blacodes* (Ophidiidae), in New Zealand waters. N. Z. J. Mar. Freshw. Res., **27**, 385-397

Horn P. L., 1996: Age and growth of red cod (*Pseudphycis bachus*) off the south-east coast of Sputh Island, New Zealand. N. Z. J. Mar. Freshw. Res., **30**, 151-160.

Horn P. L. and Sullivan K. J., 1996: Validated aging methodology using otoliths and growth parameters for hoki (*Macruronus novaezelandiae*) in New Zealand waters. N. Z. J. Mar. Freshw. Res., **30**, 161-174.

Horn P. L., Tracey D. M. and Clark M. R., 1998: Between-area differences in age and length at first maturity of the orenge roughy *Hoplostethus atlanticus*. Mar. Biol., **132**, 187-194.

堀田英之，1960: 鱗・耳石によるサンマのポピュレーション構造の分析とその成長．東北水研研報，**16**, 41-64.

堀田英之，1972: マアジ・サンマの年令査定の実態．硬組織形成機構研究グループ会報，**8**，3-7.

堀田秀之，中嶋純子，1970: 西日本海域におけるマアジの群構造に関する研究-Ⅲ.耳石の性状による解析．西水研研報，**38**, 113-121.

Hourston A. S., 1968: Abnormal cessation of growth in a herring otolith. J. Fish. Res. Board Can., **25**, 2503-2504.

Hoyer M. V., Shireman J. V. and Maceina M. J., 1985: Use of otoliths to determine age and growth of largemouth bass in Florida. Trans. Amer.-Fish. Soc., **114**, 307-309.

Huddleston T. W. and Barker L. W., 1978: Otoliths and other fish remains Santa Barbara-Ventura Counties,California. Los Ang. Count. Mus. Contrib. Sci., **289**, 1-36.

Hurley C. F., and Iles T. D., 1983: Age and growth estimation of Atlantic bluefin tuna, *Thunnus Thynnus*, using otoliths. NOAA Tech. Rep. NMFS, **8**, 71-75.

Hutchings J. A. and Myers R. A., 1993: Effect of age on the seasonality of maturation and spawning of Atlantic cod, *Gadus morhua*, in the northwest Atlantic. Can. J. Fish. Aquat. Sci., **50**, 2648-2674.

Hwang S. -D., 1999: Population ecology of Pacific mackerel, *Scomber japonicus*, off Korea. Dpartment of Oceanography, Graguate School Chungnam National University Taejon Korea, 1-99.

Hyndes G. A., Loneran N. R. and Potter I. C. 1992: Influence of sectioning otoliths on marginal increment trends and age and growth estimates for the flathead *Platycephalus speculator*. Fish. Bull., **90**, 276-284

Hyndes G. A., Platell M. E., Potter I. C. and Lenanton R. C. J., 1998: Age composition, growth, reproductive biology, and recruitment of king george whiting, *Sillaginodes punctata*, in coastal waters of southwestern Australia. Fish. Bull., **96**, 258-270.

Hyndes G. A. and Potter I. C., 1997: Age, growth and reproduction of *Sillago schomburgkii* in south-western Australian, nearshore waters and comparisons of life history style of a suite of

Sillago species. Env. Biol. Fish., **49**, 435-447.

茨城県水産試験場，1975: 昭和49年度太平洋北区栽培漁業漁業資源生態調査．イシガレイ太平洋北区栽培漁業資源生態調査報告，総括，21-34.

-丸俊雄，田代征秋，1994: 有明海におけるメイタガレイ（ホンメイタ型）の年齢と成長．長崎水試研報，**20**, 1-7.

飯塚景記，1967: 東北海区に来遊分布するマサバの年令と成長について．東北水研研報，**27**, 21-44.

飯塚景記，1975: 東北北部海域におけるマイワシの特徴．日本水産学会東北支部会報，**25**，44-52.

飯塚景記，1994：2．海産魚類，12）エゾメバル，13）ウスメバル，15）キツネメバル．日本の稀少な野生水生生物に関する基礎資料，Ⅱ，225-233，234-244，251-259，水産庁，1-332.

飯塚景記，2002：硬骨魚類の耳石研究に関する国内研究年代記．石巻専修大学 研究紀要，**13**, 23-46.

飯塚景記，2004：硬骨魚類の耳石研究における国外文献の集録．石巻専修大学 研究紀要，**15**, 67-106.

飯塚景記，角田　出，菅原義雄，土屋　剛，大越健嗣，1999: サケ科魚類の耳石形態の特徴．石巻専修大学研究紀要，**10**, 1-19.

飯塚景記，久保田清吾，橋場敏雄，1985: 耳石による魚種の識別と胃内容物魚種組成の評価．昭和60年度日本水産学会春季大会，講演要旨集，p22.

Ikenouye H., 1969: Age determination by otolith of a Japanese alfonsin, *Beryx splendens*, with special reference to growth. J. Tokyo Univ. Fish., **55**, 91-98.

Iles T. D. and Johnson P. O., 1962: The correlation table analysis of a sprat（*Clupea sprattus* L.）year-class to separate two groups differing in growth characteristics. J. du Cons., **27**, 287-303.

今井義博，1993：北海道東部沖合における耳石型からみたサンマの耳石と鱗の特性．北水試研報，**43**, 1-10.

今井千文，宮崎義信，2005: 耳石解析によるムシガレイ日本海西部群の成長モデルの再検討．水産大学校研報，**53**，21-34.

今岡要次郎，1967: アジの生態学的研究－マアジの耳石に現れる輪紋の形成期について．島根水試研報，**2**，1-9.

今岡要次郎，三栖　寛，1969：日本海西南海域およびその周辺海域産ムシガレイの漁業生物学的研究 第1報　年令と成長について．西水研研報，**37**, 51-70.

Inada T., 1981: Studies on the merlucciid fishes. Bull. Far Seas Fish. Res. Lab., 1-172.

石田昭夫，1954: 北海道周辺のスケトウダラの年齢査定と，耳石にあらわれた形質の海区による差異について．北水研研報，**11**，36-67.

石田昭夫，1957a: 襟裳以西太平洋水域のスケトウダラの系統について（予報）．北水試月報，**14**，22-25.

石田昭夫，1957b: 耳石の輪紋の状態からみた室蘭近海のスケトウダラのポピュレーション構造について．北水研研報，**16**，63-69.

石田昭夫，1963: 北海道西岸のスケトウダラ資源についての二，三の知見．北水試月報，**20**，381-383.

石田昭夫，1967: ベーリング海東部のスケトウダラ（*Theragra chalcogramma* Pallas）の年令と成長．北水研研報，**32**，1-7.

石田　修，田中邦三，庄司泰雅，1978: ヒラメの資源生態調査－Ⅲ，内房および外房海域のヒラメの年令と成長．千葉水試研報，**38**，31-36.

石田力一，北片正章，1953: 北海道産鰈類の年齢に関する研究．第3報　ヒレグロ（ナメタガレイ）．北水研研報，**8**，63-86.

石田力一，北片正章，石垣富夫，1952: 北海道産鰈類の年令に関する研究　第2報　サメガレイ．北水研研報，**3**, 31-43.

石垣富夫，加賀吉栄，小野寺哲男，1957: 北海道近海におけるシワイカナゴ（*Hypoptychus dybowskii* SYEINDACHNER の一，二の知見．北水試月報，**14**, 324-334.

石戸芳男，1964：八戸近海のソウハチ・ムシガレイ・ミギガレイの年令および成長について．東北水研研報，**24**，73-80.

Itoh T., and Tsuji S., 1996: Age and growth of juvenile southern bluefin tuna *Thunnus maccoy* based on otolith microstructure. Fisheries Science, **62**, 892-896.

岩井　保，1963: ヒイラギ内耳の構造，「動物系統分類学9（上）」（内田 亮監修），中山書店，東京，1-195.

岩井　保，中村　泉，松原喜代松，1965: マグロ類の分類学的研究．京都大学みさき臨海研究所 特別報告，**2**，1-51.

岩川敬樹，小澤貴和，1999: 鹿児島県産オオメハタの年齢と成長．Nippon Suisan Gakkaishi, **65**, 194-199.

岩政陽夫，1988：黄海・東シナ海産カラスの年齢と成長について．山口外海水試研報，**23**，12-19.

岩崎高志，片山知史，大森迪夫，北川大二，2003：東北海域におけるイラコアナゴの生活史．東北底魚

研究, 23, 25-28.

泉 茂彦, 1998a：福島県におけるアイナメの漁獲動向と資源管理. 日本水産学会東北支部会報, 48, 10-13.

泉 茂彦, 1998b: 常磐海域におけるアイナメの漁獲動向と資源管理. 水産海洋研究, 62, 43-45.

James G. D., 1984: Trevally, *Caranx georgianus* Cuvier:age determination, population biology, and the fishery. Fish. Res. Bull., 25, 9-51.

Jellyman D. J., 1977: Summer upstream migration of juvenile freshwater eel in New Zealand. N. Z. J. Mar. Freshw. Res., 11, 61-71.

Jellyman J. D.: 1979: Scale development and age determination in New Zealand freshwater eel (*Anguilla* spp). N. Z. J. Mar. Freshw. Res., 13, 23-30.

Jenkins J. T., 1902: Altersbestimmung durch Otolithen bei de Clupeiden. Wiss. Meer. Such. Ne. Fol. Abt. Kiel, 81-122.

Jepsen D. B., Winemiller K. O., Taphorn D. C. and Olarte D. R., 1999: Age structure and growth of peacock cichlids from rivers and reservoirs of Venezuela. J. Fish Biol., 55, 433-450.

Jessop, B. M., 1972: Aging round whitefish (*Prosopium cylindraceum*) of the Lerf River, Ungava, Quebec, by otoliths. J. Fish. Res. Board Can., 29, 452-454.

Johnson A. G., Fable W. A., Jr., M. L. Williams, and Barger L. E., 1983: Age, growth, and mortality of king mackerel, *Scomberomorus cavalla*, from the southeastern United States. Fish. Bull., 81, 97-106.

Johnson B. and Stenseth N.C., 1977: A method for estimations fish length from otolith size. Inst. Freshw. Res., 56, 81-86.

Johnson C. R. 1970: Age of the showy snailfish, *Liparis pulchellus*. Jan. J. Ichthyol. 17, 121-123.

Johnson J. B. and Belk M. C., 2004: Temperate Utah chub from varid otolith annuli in the absence of fluctuating water temperature. J. Fish Biol., 65, 293-298.

Jones C. M. and Wells B., 1998: Age, growth, and mortality of black drum, *Pogonias cromis*, in the Chesapeake Bay region. Fish. Bull., 96, 451-461.

Kai Y., T. Nakabo 2002: Morphological differences among three color morphotypes of Sebastes inermis (Scorpaenidae). Ichthyol Res, 49:260-266

Kaiser C. E., 1973: Age and growth of horse mackerel *Trachurus murphyi* off Chile. Trans. Amer. Fish. Soc., 102, 591-595.

梶川活彦, 1973: 耳石によるゴンズイの年齢査定. 志摩マリンランド研報, 2, 1-22.

Kalish J. M., Johnston J. M., Gunn J. S., and Clear N. P., 1996: Use of the bomb radiocarbon chronometer to determine age of southern bluefin tuna *Thunnus maccoyii*. Mar. Ecol. Prog. Ser., 143, 1-8.

Kanayama T., Sasaki T. and Sasaki H., 1978: Discovery of the morid fish Halargyreus johnsonii in the Western North Pacific. Jan. J. Ichthyol., 25, 68-70.

Kanneworff P., 1968: Preliminary results and some problems concerning capelin investigations at Greenland. Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer., 158, 38-40.

萱間慧一, 1957: 耳石の性状からみたサンマのポピュレーション構造－1. 北水研研報, 16, 1-12.

萱間慧一, 1959: 耳石の性状からみたサンマのポピュレーション構造－2. 北水研研報, 20, 175-190.

Kano Y., 2000: Age and growth of the Ajime-loach, Niwaella delicate, in the Yura River, Kyoto, Japan. Ichthyol. Res., 47, 183-186.

笠原康平, 1955: アブラガレイの年令査定に就いて. 東北水研研報, 4, 147-155.

片山知史, 2003: 魚類の硬組織による年齢査定技術の最近の情報. 黒潮の資源海洋研究, 4, 1-4.

片山知史, 酒井敬一, 岩田 剛, 本多 仁, 2000: 名取川河口・広浦におけるマハゼの生活史. 宮城水セ研報, 16, 93-97.

Katayama S. and Kawasaki T., 1994: Age determination of pond smelt using otolith phase. Toh. J. Agr. Res., 44, 91-106.

Katayama T., Ishida T., Goto K., Iizuka K. and Karita K., 2002: A new aging technique of UV light observation of burnt otolith for Conger eel, *Conger myiaster*. Ichthyol. Res., 49, 81-84.

Katayama S. and Isshiki T., 2006: Variation in otolith macrostructure of Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*): discrimination of wild and released fish in developing a mass-marking system. J. Sea Res., 57, 180-186.

片山知史, 栗田 豊, 米田道夫, 2006: ヒラメ耳石の年輪再考. 東北底魚研究, 26, 7-11

加藤健太, 2002: 耳石日周輪幅から算出した太平洋の

メバチ（*Tunnus obesus*）の成長．神水研研報，**7**，39-42.

加藤源治，大内　明，1956: 重要魚族の漁業生物学的研究－ハタハタ．日水研研報，**4**, 197-215.

加藤和範，1992：新潟県本州沿岸域におけるマガレイの資源生物学的研究．漁業資源研究会議，北日本底魚部会報，**25**，27-49.

加藤和範，安沢　弥，梨田一也，1987: 新潟県北部沿岸域におけるヒラメの資源生物学的研究　Ⅱ，標識放流結果からみたヒラメ未成魚の移動およびヒラメの成熟と成長．新潟水試研報，**12**，42-59.

加藤和範，樋口正二，1999：メバル類の資源生態解明と管理技術の開発．平成9年度水産業関係特定研究開発促進事業，新潟県水産海洋研究所年報，103-113.

川原重幸，1992: ニュージーランド産マアジ類2種の年齢査定とその検証．漁業資源研究会議，西日本底魚部会報，**20**，33-46.

Kawasaki T., Sato H. and Takechi A., 1985: Estimation of population fertility of a dab *Limanda herzensteini*. Bull. J. Soc. Sci. Fish., **51**, 1933-1938.

Kelly C. J., Connolly P. L. and Bracken J. J., 1997: Age estimation, growth, maturity and distribution of the roundnose grenadier from the Rockall trough. J. Fish Biol., **50**, 1-17.

Kelly C. J., Connolly P. L. and Bracken J. J., 1999: Age estimation, growth, maturity, and distribution of the bluemouth rockfish, *Helicolenusd. Dactylopterus* (Delaroche, 1809) from the Rockall Trough. ICES J. Mar. Sci., **56**, 61-74.

Kelly G. F. and Barker A. M., 1961: Observations on the behaviour, growth, and migration of redfish at eastport, Maine. Rapp. P.-v. Réun. Cons. Int. Explor. Mer., **150**, 263-275.

Kelly G. F. and Wolf R. S. 1959: Age and growth of the redfish (*Sebastes marinus*) in the Gulf of Maine. U. S. Fish and Wildlife Service, **60**, Fish. Bull., **156**, 1-31.

Kenchington T. J. and Augustine O., 1987: Age and growth of the blue grenadier, *Macruronus novaezelandiae* (Hector), in south-eastern Australian waters. Aust. J. Mar. Freshw. Res., **38**, 625-646.

Kennedy M. and Fitzmaurice P., 1969: Age and growth of thick-lipped grey mullet *Crenimugil labrosus* in Irish waters. J. Mar. biol. Ass. U. K., **49**, 683-699.

Kerstan M., 1995: Ages and growth rates of Agulhas Bank horse mackerel *Trachurus trachurus capensis*-comparison of otolith ageing and length frequency analyses. S. Afr. J. Mar. Sci., **15**, 137-156.

木本秀明，1992: 島根県紙祖川に生息するゴギの資源状態．日水誌，**58**, 1585-1593.

木村　量，梨田一也，大関芳沖・本多　仁，2002: ゴマサバ耳石の年輪を読む試み．黒潮の資源海洋研究，**3**, 93-96.

木村清志，1984: 耳石を用いたイサキの年齢と成長．日水誌，**50**, 1843-1847.

Kimura D. k., Mandapat R. R. and Oxford S. L. 1979: Method, validity, and variability in the age determination of yellowtail rockfish (*Sebastes flavidus*), using otoliths. J. Fish. Res. Board Can., **36**, 377-383.

Kirchner C. H. and Voges S. F., 1999: Growth of Namibian silver kob *Agyrosomus inodorus* based on otoliths and mark-recapture data. S. Afr. J. Mar. Sci., **21**, 201-209.

北川大二，1996: 耳石によるエゾイソアイナメの年齢査定．漁業資源研究会議，西日本底魚部会報，**23**，119-129.

北川大二，石戸芳男，桜井泰憲，福永辰廣，1994: 三陸北部沿岸におけるヒラメの年齢，成長，成熟．東北水研研報，**56**，69-76.

北川大二，片山知史，藤原邦浩，2002: 東北海域におけるアカガレイの年令，成長および資源構造．東北底魚研究，**22**, 17-25.

北浜　仁，1968: 室蘭沖合のハタハタの体長および年齢．北水試月報，**25**，25-35.

北片正章，1957：北海道周辺におけるイカナゴ（*Ammdytes personatus* Girard）の漁業生物学的研究－Ⅱ 年齢および成長について．北水研研報，**16**，39-48.

清川智之，曽田一志，佐々木正，2000: 島根県東部沿岸における放流オニオコゼ人工魚の採捕状況について．栽培技研．**28**，17-23.

小林時正，1979：北海道周辺海域のハタハタについて．漁業資源研究会議，北日本底魚部会報，**12**，79-95.

小林徳光，小林一郎，菊池喜彦，佐藤孝三，1990: 仙台湾におけるアイナメの年齢と成長．宮城水試研報，**13**，1-9.

小林徳光，永島　宏，児玉純一，菊池喜彦，小林一郎，

佐藤孝三, 1995: 宮城水セ研報, 14, 37-49.

児玉純一, 1980：宮城県沿岸に生息するイカナゴ系群構造と資源生態. 宮城水試研報, 10, 1-41.

古賀秀雄, 1933: 秋田の鰰 (*Arctoscopus japonicus* Steindachner) に関する調査研究. 水産学雑誌, 36, 59-66.

Kohler A. C. and Clark J. R., 1958: Haddock scale-otolith compositions. J. Fish. Res. Board Can., 15, 1239-1246.

河野光久, 1997: 山口県沿岸域におけるヒラメの資源生物学的研究. 山口外海水試研報, 26, 27-40.

近藤恵一, 黒田一紀, 1966: サバ属魚類の成長－I. マサバの年齢形質の比較. 東海水研研報, 45, 31-60.

Kosaka M., 1974: Ecological studies on the starry flounder, *Platichthys stellatus* (Pallas), in Sendai Bay. J. Fac. Mar. Technol. Tokai Univ., 8, 43-63

小坂昌也, 小椋将弘, 白井秀機, 前地道義, 1967: 駿河湾におけるタチウオの生態的研究. 東海大学紀要, 2, 131-146.

Kotthaus A., 1961: Preliminary remarks about redfish otoliths. Papp. P. -v. Réun. Cons. int. Explor Mer., 150, 45-50.

Kotthaus A., 1961: Preliminary remarks about redfish otoliths. Rapp. P.-v. Réun. Cons. Int. Explor. Mer., 150, 45-50.

Kristoffersen K. and Klemetsen A., 1991: Age determination of Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) from surface and cross section of otolith related to otolith growth. Nord. J. Freshw. Res., 66, 98-107.

Kruse C. G., Guy C. S. and Willis D. W., 1993: Comparison of otolith and scale age characteristics for black crappies collected from South Dakota waters. Nor. Amer. J. Fish. Manage., 13, 856-858.

久保伊津男, 吉原友吉, 1969: 水産資源学 改訂版. 第4章 年齢形質, 第5章 年齢査定法, 57-134, 共立出版株式会社, 1-482.

窪寺恒巳, 古橋正祐, 1987: 胃内容物のイカ類およびハダカイワシ科魚類の種査定に関するマニュアル. 昭和61年度北洋海域生態系モデル開発事業報告書別冊資料, 水産庁, 1-65.

窪田三朗, 1961: マアナゴの生態・成長ならびに変態に関する研究. 三重大水産学部紀, 5, 190-370.

Kume G., T. Horiguchi, A. Goto, H. Shiraishi, Y. Shibata, M. Morita and M. Shimizu, 2006: Seasonal distribution, age, growth, and reproductive biology of marbled sole *Pleuronectes yokohamae* in Tokyo Bay, Japan. Fish. Sci., 72, 289-298.

Kume G., Yamaguchi A. and Taniuchi T., 1998: Age and growth of the cardinalfish *Apogon lineatus* in Tokyo Bay, Japan. Fisheries Science, 64, 921-923.

Kuo C. L. and Tanaka S., 1984a: Otolith features and reliability for age-determination of Hoki *Macruronus novaezelandidae* (Hector) in water around New Zealand. Bull. Jan. Soc. Sci. Fish., 50, 1349-1355.

Kuo C. L. and Tanaka S., 1984b: Time of ring formation of otolith and growth curve of Hoki *Macruronus novaezelandidae* (Hector) in water around New Zealand. Bull. Jan. Soc. Sci. Fish., 10, 1627-1633.

Kurita Y., Sano M. and Simizu M., 1991: Age and growth of the Hexagrammid fish *Hexagrammos agrammus* at Aburatsubo, Japan. Nippon Suisan Gakkaishi, 57, 1293-1299.

黒木敏行, 寺山誠人, 1993: 日向灘海域におけるアカアマダイの生態と混獲状況について. 南西外海の資源・海洋研究, 9, 53-64.

Kwok K. Y., and Ni I-H., 2000: Age and growth of cutlassfishes, *Trichiurus* spp., from the South China Sea. Fish., Bull., 98, 748-758.

久新健一郎, 木下哲一郎, 林 清, 1961: 北海道襟裳以西水域におけるスケトウダラの魚群構造について（予報）. 北水試月報, 18, 84-90.

久新健一郎, 高杉新弥, 1957: ホッケの研究 (Ⅳ), 年令および生長. 北水試月報, 14, 461-470.

L' Abée-Lund J. H., 1988: Otolith sharp discriminates between juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar* L. and Brown trout, Salmo trutta L.. J. Fish Biol., 33, 899-903.

L' Abée-Lund J. H. and Jensen A. J., 1993: Otoliths as natural tags in the systematics of salmonids. Env. Biol. Fish., 36, 389-393.

Landa J., and Piñeiro C., 2000: Megrim (*Lepidorhombus whiffiagonis*) growth in the north-eastern Atlantic based on back-calculation of otolith rings. ICES J. Mar. Sci., 57, 1077-1090.

Lear W. H, and Pitt T. K., 1975: Otolith age validation of Greenland halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*). J. Fish. Res. Board Can., 32,

289-292.

Lehodey P. and Grandperrin R., 1996: Age and growth of the alfonsino *Beryx aplendens* over the seamounts off New Caledonia. Mar. Biol., **125**, 249-258

Libby D. A., 1982: Decrease in length at predominant ages during a spawning migration of the alewife, *Alosa pseudoharengus*. Fish. Bull., **81**, 902-905.

Libby D. A., 1985: A comparison of scale and otolith aging methods for the alewife, *Alosa pseudoharengus*. Fish. Bull., **83**, 696-701.

Lim P. -Y. and Misu H., 1974: On the age determination of the Aka-amadai, *Branchiostegus japonicus japonicus* (HUTTUYN), in the adjacent waters of Tsushima Islands. Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab., **46**, 41-51.

Ling J. K., 1958: The sea garfish, *Reporhamphus melanochir* (Cuvier and Valenciennes) (Hemiramphidae), in south Australia: breeding, age determination, and growth rate. Aust. J. Mar. Freshw. Res., **9**, 60-105.

Linkowski T. B., 1985: Population biology of myctophid fish *Gymnoscopelus nicholsi* (Gillbert, 1911) from the western South Atlantic. J. Fish Biol., **27**, 683-698.

Lombarte A., 1992: Changes in otolith area: sensory area ratio with body size and depth. Env. Biol. Fish., **33**, 405-410.

Lou D. C., 1992: Validation of annual growth bands in the otolith of tropical parrotfishes (*Scarus schlegeli* Bleeker). J. Fish Biol., **41**, 775-790.

Love M. S. and Westphal W. V. 1981: Growth, reproduction, and food habits of olive rockfish, *Sebastes serranoides*, off central California. Fish. Bull., **79**, 533-545.

Lovell J. M., M.M. Findlay, R.M. Moate and D.A. Pilgrim, 2005: The polarization of inner ear ciliary bundles from a scorpaeniform fish. J. Fish Biol., **66**, 836-846.

Lowerre-Barbieri S. K., Chittenden M. E. and Jones Jr. C. M., 1994 A comparison of validated otolith method to age weakfish, *Cynoscion regalis*, with the traditional scale method. Fish. Bull., **92**, 555-568.

Lowerre-Barbieri S. K., Chittenden, Jr. M. E. and Barbieri L. R., 1995: Age and growth of weakfish, *Cynoscion regalis*, in the Chesapeake Bay region with a discussion of historical changes in maximum size. Fish. Bull., **93**, 643-656.

Luckhurst B. E., Barnes J. A. and Sadovy Y., 1992: Record of an unusually large red hind, *Epinephelus guttatus* (Pisces: Serranidae) from Bermuda with comments on its age. Bull. Mar. Sci., **51**, 267-270.

Mace P. M., Fenaughty J. M., Coburn R. P. and Doonan I. J., 1990: Growth and productivity of orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*) on the north Chatham Rise. N. Z. J. Mar. Freshw. Res., **24**, 105-119.

Maceina M. J., Hata D. N., Linton T. L. and Landry, Jr. A. M., 1987: Age and growth analysis of spotted seatrout from Galveston Bay, Texas. Trans. Amer. Fish. Soc., **116**, 54-59.

Maceina M. J. and Murrhy B. R., 1989: Differences in otolith morphology among the two subspecies of largemouth bass and their F_1 hybrid. Trans. Amer. Fish. Soc., **118**, 573-575.

Machias A., Tsimenides N., Kokokiris L. and Divanach P., 1998: Ring formation on otoliths and scales of *Pagrus pagrus*: a comparative study. J. Fish Biol., **52**, 350-361.

MacNair L. D., Domeier, M. L. and Chun C. S. Y., 2001: Age, growth, and mortality of California halibut, *Paralichthys californicus*, along southern and central California. Fish. Bull., **99**, 588-600.

前田辰昭，1969: ベーリング海東部における底曳網漁場の研究　Ⅲ．ロスケガレイの年令と体長の組成について．日水誌 , **35**, 251-254.

前原　務 , 1992: 愛媛県瀬戸内海域におけるヒラメの年齢および成長．愛媛水試研報 , **5**, 13-29.

Maekawa K., 1978: Growth and development of Salvelinus malma miyabei compared with other forms of S. malma. Jan. J. Ichthyol., **25**, 9-18.

Malcolm J. S., Watson G. and Hecht T., 1995: Otolith atlas of southern African marine fishes, Ichthyologyical Monographs of the J. L. B. Smith Institute of Ichthyology., **1**, pp. 253.

Maraldo D. C. and MacCrimmon H. R., 1979: Comparison of ageing methods and growth rates for largemouth bass, *Micropterus salmoides* Lacépède, from northern latitudes. Env. Biol. Fish., **4**, 263-271.

正木康昭，伊東　弘，東海　正，山口義昭，1985: 周防灘産メイタガレイの年令と成長．日水誌，**51**,

1963-1970.

正木康昭，伊東　弘，東海　正，山口義昭，1986: 周防灘産マコガレイの年令と成長．日水誌，**52**, 423-433.

正木康昭，伊東　弘，東海　正，山口義昭，1986: 周防灘産イシガレイの年令と成長．日水誌，**52**, 435-445.

Massey B. R. and Horn P. L., 1990: Growth and age structure of alfonsino (*Beryx splendens*) from the lower east coast, North Island, New Zealand. N. Z. J. Mar. Freshw. Res., **24**, 121-136.

桝川晋一，1997: 高知県西部海域および豊後水道のタチウオの形態と成長について．南西外海の資源・海洋研究，**13**, 3-39.

増田育司，酒匂貴文，松下　剛，白石哲朗，切通淳一郎，神村祐司，小澤貴和，2003: 鹿児島湾産アカカマスの年齢，成長および年級群組成．Nipppn Suisan Gakkaishi, **69**, 709-716.

Matallanas J., 1984: Descripción de *Parabathophilus*, n. gen. de Melanostomiatidae (Pisces, Salmoniformes) y de *P. gloriae*, su especie tipo. Inv. Pesq., **48**, 557-562.

待鳥精治，中村　悟，1971: 北太平洋北西部におけるエチオピア (*Bramayaii*) の分布と若干の知見．遠洋水研報，**5**, 131-145.

松原喜代松，落合　明，岩井　保，1979: 新版魚類学 (上)，恒星社厚生閣，東京，pp. 105-148.

松井　魁，1952: 日本産鰻の形態並びに養成に関する研究．水講研報，**2**, 1-245.

松本育夫，根本芳春，1998: イカナゴ成魚年齢別漁獲尾数調査，4) イカナゴ夏眠調査．福島水試事業報告，39-42.

松島　睦，1958: 瀬戸内海産硬骨魚類の球嚢耳石について．耳鼻咽喉科臨床，広島大学，**51** (増刊号)，93-219.

Mckern J. L., and Horton H. F., 1970: A punch to facilitate the removal of salmoid otoliths. Calif. Fish and Game, **56**, 65-68.

Mckern J. L., Horton H.F. and Koski K.V., 1974: Development of the steelhead trout (*Salmo gairdneri*) otoliths and their use for age analysis and for separating summer from winter races and wild from hatchery stocks. J. Fish. Res. Board Can., **31**, 1420-1426.

Mckinnon J., 1994: Feeding habits of the dusky dolphin, *Lagenorhynchus obscurus, in* the coastal waters of central Peru. Fish. Bull., **92**, 569-578.

McMillan P. J. and Paulin C. D., 1993: Descriptions of nine new species of rattails of the genus *Caelorinchus* (Pisces, Macrouridae) from New Zealand. Copeia, **3**, 819-840.

Melo Y. C., 1984: Age studies on anchovy *Engraulis capensis* Gilchrist off south West Africa. S. Afr. J. mar. Sci., **2**, 19-31.

Menon M. D., 1950: Bionomics of the poor-cod (*Gadus minutus* L.) in the Plymoutharea. J. Mar. Biol. Ass. U. K., **29**, 185-239.

Merrett N. R., 1980: A new species of the deep-sea fish genus, *Coelorinchus giorna* (Macrouridae) from the eastern north Atlantic, with notes on its ecology. J. Fish Biol., **17**, 553-564.

Merrett N. R. and Nielsen J. G., 2001: Fourth specimen of the deep benthopelagic ophidiid fish, *Apagesoma delosommatus* (Hureau, Staiger & Nielsen 1979). J. Fish Biol., **59**, 751-753.

Messieh S. N., 1969: Similarity of otolith nuclei in spring-and autumm-spawning Atlantic herring in the southern Gulf of St.Lawrence. J. Fish. Res. Board Can., **26**, 1889-1898.

Messieh S. N., 1972: Use of otoliths in identifying herring stocks in the southern Gulf of St. Lawrence and adjacent waters. J. Fish. Res. Board Can., **29**, 1113-1118.

Messieh S. N., 1975: Growth of the otoliths of young herring in the Bay of Fundy. Trans. Amer. Fish. Soc., **4**, 770-772.

Messieh S. N. and Tibbo S. N., 1970: A critique on the use of otoliths for ageing Gulf of St. Lawrence herring (*Clupea harengus* L.). J. Cons. int. Explor. Mer., **33**, 181-191.

三宅博哉，中山信之，1991：日本海武蔵堆海域のマダラの年齢と成長．北水試研報，**37**, 17-25.

三渕英弘，岸本源治，塩見元晶，相川広秋，1958: マアジの年令，成長および成熟．対馬暖流開発調査報告書，第4輯 (漁業資源編)，133-144.

三河正男，1963: カラスガレイの生態，東北水研研報，**23**, 1-43.

三河正男，1985: 東北海区のキチジの年令査定について．漁業資源研究会議，北日本底魚部会報，**18**, 36-46.

Milton D. A., Short S. A.,' Neill M. F. O and Blaber S. J. M., 1994: Ageing of three species of tropical snapper (Lutjanidae) from the Gulf of Carpentaria, Australia, using radiometry and

otolith ring counts. Fish. Bull., **93**, 103-115.

三尾真一, 1961a: 九州における沿岸魚類の資源生物学的研究－Ｉ, メバルの年令, 成長および成熟. 九大農学部学芸雑誌, **18**, 419-436.

三尾真一, 1961b: 九州における沿岸魚類の資源生物学的研究－II, カサゴの年令, 成長および成熟. 九大農学部学芸雑誌, **18**, 437-449.

三尾真一, 1965: キスの年令と成長. 日水研研報, **14**, 1-18.

Mio S., 1966: The determination of the age and growth of *Gnathagnus elongatus* (TEMMINCK et SCHLEGEL). Bull. Jan. Sea Reg. Fish. Res., **16**, 1-6.

三尾真一, 1967: ハタハタの資源生物学的研究　I. 年令・成長および成熟. 日水研研報, **18**, 23-37.

三尾真一, 1969 ; 日本産ニギス（*Glossanodon semifasciatus* Kishinouye）の年令・成長および成熟. 日水研研報, **21**, 1-16.

三尾真一, 1974: 耳石の年令標示に認められる多標示個体について. 西水研研報, **46**, 21-32.

三尾真一, 浜田律子, 篠原冨美子, 1975: 東シナ海・黄海における主要魚類の成長および成熟の経年変化に関する研究. 西水研研報, **47**, 51-95.

三栖　寛, 1958: 東海・黄海タチウオ資源の研究　第一報　年令と成長について. 西水研研報, **15**, 1-13.

三栖　寛, 1964: 東シナ海・黄海産タチウオの漁業生物学的研究. 西水研研報, **32**, 1-58.

Misu M. and Hamasaki S., 1971: Age and growth of Peruvian hake, *Merluccius gayi* (GUICHENOT). Bull. Jan. Soc. Sci. Fish., **41**, 93-105.

道根　淳, 村山達郎, 由木雄一, 1993: 重要カレイ類の生態と資源管理に関する研究：ソウハチ. 島根県水産試験場, 水産業関係地域重要新技術開発促進事業（抄録）, 53-54.

三戸芳典, 1993: 青森県日本海側小泊沖におけるウスメバルの年齢と成長について. 漁業資源研究会議, 北日本底魚部会報, **26**, 27-31.

宮城県水産試験場, 1982: 成魚の生態調査, 成長と年令. 昭和57年度放流技術開発事業（マコガレイ）総合報告書, 宮城県, 山口県, 大分県, 宮崎県, 26-31.

宮城県水産試験場, 1989: 天然および放流クロソイの年齢と成長. 昭和63年度放流技術開発事業実績報告書, 宮城県, 38-44.

宮嶋俊明, 濱中雄一, 竹野功爾, 1999: 京都府におけるウスメバルの年齢と成長について（短報）. 京都府立海洋センター研報, **21**, 47-48.

Miyake H. 1992: Anomalously undersized otoliths from walleye pollock *Theragra chalcogramma*. Nipppn Suisan Gakkaishi, **58**, 361.

水江一弘, 1958: カサゴの研究－III, カサゴの耳石に顕われる輪紋およびカサゴの成長に就いて. 長崎大水産学部研報, **7**, 1-9.

水江一弘, 小川能永, 藤森常生, 1961: メジナの年令と成長について. 長崎大水産学部研報, **10**, 1-14.

Mochizuki K., 1979: Age and growth of the two Japanese scombropids, *Scombrops boops* and *S.gilberti*. Jan. J. Ichthyol. **26**, 62-68.

Moores J. A. and Winters G. H., 1982: Growth patterns in a Newfoundland Atlantic herring (*Clupea harengus harengus*) stock. Can. J. Fish. Aquat. Sci., **39**, 454-461.

Morales-Nin B., Massuti E. and Stefanescu C., 1996: Bathymetric distribution and growth patterns of *Bathypterois mediterraneus* from the north-western Mediterranean Sea. J. Fish Biol., 49 (Supplement A), 276-288.

Morales-Nin B. and Ralston S., 1990: Age and growth of *Lutijanus kasmira* (Forskål) in Hawaiian waters. J. Fish Biol., **36**, 191-203.

Morales-Nin B., Torres G. J., Lombarte A. and Recasens L., 1998: Otolith growth and age estimation in the European hake. J. Fish Biol., **53**, 1155-1168.

Morgan D. L., 2003: Distribution and biology of *Galaxias truttaceus* (Galaxiidae) in south-western Australia, including first evidence of parasitism of fishes in western Australia by *Ligula intestinalis* (Cestoda). Env. Biol. Fish., **66**, 155-167.

Morgan D. L., Gill H.S. and Potter I.C., 2000: Age composition, growth and reproductive biology of the salamanderfish *Lepidogalaxias salamandroides*: a re-examination. Env. Biol. Fish., **57**, 191-204.

森浩一郎, 木村清志, 戸嶋　孝, 田代恵一, 1986: 伊勢湾におけるイシガレイの成長と成熟. 三重大水産研報, **13**, 151-161.

森浩一郎, 木村清志, 塚本洋一, 1988: 英虞湾におけるギンイソイワシの生長. 水産増殖, **36**, 87-90.

Moriarty C., 1983: Age determination and growth rate of eels, *Anguilla anguilla* (L.). J. Fish Biol., **23**, 257-264.

森田　祥，松山季子，山本正義，1966: クロガシラガレイの年令と漁況．北水試月報，**23**, 14-19.

森田　祥，大原庄司，1965: クロガシラガレイの漁業生物学的研究（1），産卵群の生活様式．北水研研報，**30**，45-59.

Morrow J. V. Jr., Kirk J. P. andKillgore K. J. 1997: Collection, age, growth, and population attributes of triploid grass carp stocked into the Santee-Cooper Reservoirs, South Carolina. Nor.Amer. J. Fish. Manage., **17**, 38-43.

Mosher K. H., 1954: Use of otoliths for determining the age of several fishes from the Bering Sea. J. du Cons., **19**, 337-344

Moulton L. L., 1975: Life history observations on the Puget Sound rockfish, *Sebastes emphaeus* (Stark, 1911). J. Fish. Res. Board Can., **32**, 1439-1442

Mugiya Y., 1972: On aberrant sagittas of teleostean fish. Jan. J. Ichthyol., **19**, 11-14.

MugiyaY., Tanaka S., 1992: Otolith development, increment formation, and an uncoupling of otolith to somatic growth rate in larval and juvenile goldfish. Nippon Suisan Gakkaishi, **58**, 845-851.

Mug-Villanueva M., Gallucci V. F. and Lai H.-L., 1994: Age determination of corvine reina (*Cynoscion albus*) in the Gulf of Nicoya, Costa Rica,based on examination and analysis of hyaline zones,morphology and microstructure of otoliths. J. Fish Biol., **45**, 177-191.

宗清正廣，1991: 若狭湾西部海域におけるタチウオの漁業生物学的研究．京都府立海洋センター，研究論文集，**3**, 1-78.

宗清正廣，桑原明彦，1988: 若狭湾西部海域におけるタチウオの年齢と成長．Nippon Suisan Gakkaishi, **54**, 1305-1313.

村山芳文，1949：「キダイ」の耳石に顕れる輪紋に就いての考察．東海黄海底魚研究誌，水産庁福岡駐在所，水産研究会福岡分室共催，**1**, 117-124.

Murie D. J., and Lavigne D. M., 1986: Interpretation of otolith in stomach content analyses of phocid seals: quantifing fish consumption. Can. J. Zool., **64**, 1152-1157.

Murphy M. D., Adams D. H., Tremain D. M. and Winner B. L., 1998: Direct validation of ages determined for adult black drum, *Pogonias cromis*, in east-central Florida, with notes on black drum migration. Fish. Bull., **96**, 382-387.

Murphy M. D. and Taylor R. G., 1991: Direct validation of ages determined for adult red drums from otolith sections. Trans. Amer. Fish. Soc., **120**, 267-269.

明神寿彦，浦　吉徳，2003: 高知県産キンメダイの年齢と成長．黒潮の資源海洋研究，**4**, 11-17.

Nafpaktitis B. G. and Paxton J. R., 1968: Review of the lanternfish genus *Lampadena* with a description of new species. Los Ang. Count. Mus. Contrib. Sci., **138**, 1-29.

中坊徹次，2000: 日本産魚類検索－全種の同定－（第二版）．東海大学出版会，東京，1748pp.

中嶋純子，1982: 西日本海域におけるマアジの成長と年齢について．西水研研報，**57**, 47-56.

中村　泉，1994: サバ型魚類学入門（22）耳と聴覚および平衡感覚．海洋と生物，**91**, 88-94.

中村守純，1963: 原色淡水魚類検索図鑑．北隆館，東京，258pp.

Nakano S., Maekawa K. and Yamamoto S., 1990: Change of the life cycle of Japanese charr following artifical lake construction by damming. Nippon Suisan Gakkaishi, **56**, 1901-1905.

中谷俊郎，小泉広明，横山信一，前田辰昭，高橋豊美，松島寛治，1990: 噴火湾産アカガレイの年齢と成長．日水誌，**56**，893-901.

梨田一也，本多　仁，阪地英男，木村　量，2003: 足摺岬周辺および土佐湾中央部海域で漁獲されたゴマサバの年齢形質としての耳石の有効性．黒潮の資源海洋研究，**4**, 5-9.

Nedreaas K., 1990: Age determination of northeast Atlantic *Sebastes* species. J. Cons. int. Explor. Mar., **47**, 208-230.

Neilson J. D., Geen G. H. and Chan B., 1985: Variability in dimension for stock identication and microstructure interpretation. Fish. Bull., **83**, 81-89.

Nielsen J. G., 1999: A review of the Genus *neobythites* (Pisces, Ophidiidae) in the Atlantic, with three species. Bull. Mar. Sci., **64**, 335-372.

西村　明，1993a: 耳石によるスケトウダラも齢査定．北水試研報，**42**，37-49.

西村　明，1993b: ベーリング海で採集されたスケトウダラ１歳魚における耳石偽年輪形成．漁業資源研究会議，北日本底魚部会報，**26**，71-81.

西村　明，1997: 成長解析の実例－９，スケトウダラ，「水産学シリーズ 115，水産動物の成長解析」（日本水産学会監修，赤嶺達郎，麦谷泰雄編），恒星

社厚生閣，東京，pp. 95-105.

Nishimura A., Nagasawa K., Asanuma T., Aoki H. and Kubota T., 1999: Age, growth and feeding habits of lanternfish, *Stenobrachius leucopsarus* (Myctophidae), collected from the nearsuface layer in the Bering Sea. Fisheries Science, **65**, 11-15.

西村 明，渡邊良朗，山田寿郎, 1985: サンマ耳石の日周輪様微細構造 . 東北水研研報，**47**，33-35.

西村 明，吉村 拓, 1991: ポーランドにおいて開催されたスケトウダラ年齢査定作業部会および日本提出プレゼンテーション（スケトウダラ耳石年齢構造と日輪構造の対応）に関する報告．漁業資源研究会議，北日本底魚部会報，**24**，23-30.

西田 宏，長谷川誠三，1994: 新潟沿岸におけるマアジ産卵群の年齢と成長．日水研研報，**44**, 73-80.

西内修一，1984: 北海道北部沿岸枝幸海域におけるマガレイの成長 . 北水試月報，**41**，107-118.

野別貴博，桜井泰憲，北川大二，2002: イトヒキダラの生活史および生態 . 東北底魚研究 , **22**, 73-81.

野別貴博，桜井泰憲，成松庸二，服部 勉，北川大二，2003: 東北海域におけるイトヒキダラの年齢組成および年変化 . 東北底魚研究 , **23**, 64-70.

Nolf D., 1993: A survey of Perciform otoliths and their interest for phylogenetic analysis, with an iconographic synopsis of the Percoidei. Bull. Mar. Sci., **52**, 220-239

North A. W., White, M. G. and Burchett M. S., 1980: Age determination of Antarctic fish. Cybium, 3e, série, **8**, 7-11.

野沢清志，1994: 1993-1994年に調査した岩手県沖合域におけるスケトウダラ耳石年輪形成について . 第15回東北海区底魚研究チーム会議会議報告 , 青森県水産試験場・岩手県水産技術センター・宮城県水産研究開発センター・福島県水産試験場・茨城県水産試験場・東北区水産研究所，24-30.

O' connell C. P., 1953: The life history of the cabezon, *Scorpaenichthys marmoratus* (Ayres). Calif. Fish and Game, Fish. Bull., **93**, 7-76.

落合 明，田中 克，1986: 新版 魚類学（下）. 恒星社厚生閣，東京 , pp. 377-1140.

小田切譲二，高坂祐樹 , 2000: 海域生産性総合利用技術開発調査（まだら）. 青森水試事業報告 , 平成10年，79-89

小達 繁，1966: 東北海区におけるハダカイワシ科魚類の研究 Ⅲ．ススキハダカ *Myctophum affine* (Lutken) の年令と成長．東北水研研報 , **26**, 35-44.

Ogasawara Y., and Kawasaki T., 1980: Life history of Migigarei, *Dexistes rikuzenius* (Jordan et Starks), in Sendai Bay, with special reference to sexual dimorphism. Toh. J. Agr. Res., **30**, 163-182.

尾形哲男, 1954: スケトウダラ *Theragra chlcogramma* (PALLAS) の年令査定．日水研年報，**1**, 45-51.

尾形哲男，伊東 弘，1979: 日本産ニギス *Glossanodon semifasciatus* (Kishinouye) 成長式の吟味．日水研研報，**30**，165-169.

Ogden J. C., 1970: Relative abundance, food habits, and age of the American eel, *Anguilla rostrata* (LeSueur), in certain New Jersey stream. Trans. Amer. Fish. Soc., **99**, 54-59.

Ogi H., Tanaka H. and Tsujita T., 1985: The distribution and feeding ecology of murres in the northwestern Bering Sea. J. Yamashina Institute for Ornithology, **17**, 44-56.

尾串好隆 , 1987: 黄海・東シナ海産トラフグの年齢と成長 . 山口外海水試研報 , **22**, 30-36.

大江文雄 , 1976: 東海地方第三系並びに第四系からのニベ科魚類耳石とその古生物学的変遷 . 瑞浪化石博物館研究報告 , **3**, 73-97.

大江文雄，1983: 静岡県掛川市南方にみられる鮮新統掛川層群土方泥岩累層からの深海性魚類の耳石群集について . Bull. The Senior High School attached to Aichi University of Education, **10**, 1-54.

Ohe F., 1985: Marine fish – otoliths of Japan. Special Volume of Bulletin (Earth Science), The Senior High School Attached to the University of Education kariya Japan, 1-184.

大江文雄 , 1991: 神奈川県北部の中津層群神沢層（鮮新統上部）から産出した魚類骨片と耳石化石 . 神奈川県立博物館調査研究報告（自然科学), **6**, 113-142.

涌坪敏明，田村真道 , 1983: 青森県日本海沿岸におけるウスメバルの生態と漁業 . 栽培技研 , **12**, 1-11.

Oliva-Paterna F. J., Torralva M. M. and Fernández-Delgado C., 2002: Age, growth and reproduction of *Cobitis paludica* in a seasonal stream. J. Fish Biol., **60**, 389-404.

大分県水産試験場 , 1974: 生物調査 . 昭和48年度魚類放流技術開発調査報告 – カサゴ –，大分県水産試験場，10-21.

大泉 宏，渡邊 光，李 雅利，川原重幸 , 2001: 西

部北太平洋に生息するハダカイワシ類の耳石による種の同定. 海洋と生物, 137, **23**, 626-637.

大久保正一, 1952: 黒頭鰈調査報告 第Ⅵ報 耳石より見た能取湖産黒頭鰈の成長について. 水産孵化場試験報告, **7**, 163-182.

大滝英夫, 1961a: 東海産スズハモと瀬戸内海産スズハモ (*Muraenesox yamaguchiensis*) の比較形態学的研究. 西水研研報, **24**, 133-138.

大滝英夫, 1961b: ハモ属の資源生物学的研究 第5報 ハモ *M. cinereus* の年齢と成長について. 西水研研報, **24**, 47-61.

大滝英夫, 1964: 東シナ海・黄海ハモの漁業生物学的研究. 西水研研報, **32**, 61-115.

大滝英夫, 花淵信夫, 千田哲資, 1954: ハモ属の資源生物学研究 第1報 スズハモについて. 西水研研報, **4**, 79-104.

大内 明, 1 958: 日本海におけるハタハタ地方群とその生態・形態的特性について. 日水研研報, **4**, 153-163.

大内 明, 武田信昭, 1954: 日本海西南海域のムシガレイの年令および成長. 日水研年報, **1**, 39-44.

Oozeki Y. and Watanabe Y. 2000: Comparison of somatic growth and otolith increment growth in laboratory-reared larvae of Pacific saury, *Cololabis saira*, under different temperature conditions. Mar. Biol., **136**, 349-359.

Oxenford H. A. andHunte W., 1983: Age and growth of dolphin, *Coryphurus hippurus*, as determined by growth rings in otoliths. Fish. Bull., **84**, 906-909.

朴 柄夏, 1985: 韓国近海産ウマズラハギの資源生物学的研究. 釜山水産大学大学院, 水産学博上論文. 水産庁研究部資源課 (大滝英夫訳, 1989), 77pp.

Panfili J. and Ximenes M. -C., 1992: Measurements on ground or sectioned otoliths : possibilities of bias. J. Fish Biol., **41**, 201-207.

Panfili J., 2002: Extraction and conservation of calcified structures, in "Manual of Fish Sclerochronology" (eds, Panfili J., Pontual H., Troadec H., Wright P. J.), Ifremer-IRD coedition, Brest, France, pp. 317-329.

Parmentier E., Lagardère F. and Vandewalle P., 2002: Relationship between inner ear and sagitta growth during ontogenesis of three carapini species, and consequences of life-history events on the otolith microstructure. Mar. Biol., **141**, 491-501.

Parrish B. B. and Sharman D. P., 1958: Some remarks on methods used in herring "racial" investigations, with special reference to otolith studies. Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer., **143**, 66-80.

Parrish B. B. and Sharman D. P., 1959: Otolith types amongst summer-autumm spawning herring in the northern North Sea. J. du Cons., **25**, 81-92.

Pascoe P. L., 1986: Fish otoliths from the stomach of a thresher shark, *Alopias vulpinus*. J. Mar. Biol. Ass. U. K., **66**, 315-317.

Patterson Ⅲ. W. F., Cowan Jr. J. H., Wilson C. A. and Shipp R. L., 2001: Age and growth of red snapper, *Lutjanus campechanus*, from an artificial reef area off Alabama in the northern Gulf of Mexico. Fish. Bull., **99**, 617-627.

Pawson M. G. and Giama M. S., 1985: A biological sampling problem illustrated by the population structure and growth patterns of *Sardinella aurita* at Tripoli, Libya. Env. Biol. Fish., **12**, 143-154.

Pawson M. G., 1990: Using otolith weight to age fish. J. Fish Biol., **36**, 521-531.

Pearson D. E., 1996: Timing of hyaline-zone formation as related to sex, location, and year of capture in otoliths of the widow rockfish, *Sebastes entomelas*. Fish. Bull., **94**, 190-197.

Pearson D. E., Douglas D. A. and Barss B., 1993: Biological observations from the Cobb seamount rockfish fishery. Fish. Bull., **91**, 573-576.

Pearson D. E., Hightower J. E. and Chan J.T.H., 1991: Age, growth, and potential yield for shortbelly rockfish *Sebastes jordani*. Fish. Bull., **89**, 403-409.

Peltonen H., Raitaniemi J., Parmanne R., Eklund J., Nyberg K. and Halling F., 2002: Age determination of Baltic herring from whole otoliths and from neutral red stained otolith cross sections. ICES J. Mar. Sci., **59**, 323-332.

Peven C. M., Whitney R. R. and Willams K. R., 1994: Age and length of steelhead smolt from the Mid-Columbia River basin, Washington. Nor. Amer. Fish. Manage., **14**, 77-86.

Pfeiler E., Padrón D. and Crabtree R. E., 2000: Growth rate,age and size of bonefish from the Gulf of California. J, Fish Biol., **56**, 448-454.

Phillips J. B., 1964: Life history studies on the species of rockfish. Calif. Fish and Game, **126**, 5-70.

Pietsch T. W., 1972: A review of the monotypic deep-sea anglerfish, Family Centrophrynidae: taxomonomy, distribution and osteology. Copeia, 11, 17-47.

Pilling G. M., Millner R. S., Easey M. W., Mees C. C., Rathacharen S. and Azemia R., 2000: Validation of annual growth increments in the otoliths of the lethrinid *Lethrinus mahsena* and the lutjanid *Aprion virescens* from sites in the tropical Indian Ocean, with notes on the nature of growth increments in *Pristipomoides filamentosus*. Fish. Bull., **98**, 600-611.

Piñeiro C. and Saínza M., 2003: Age estimation, growth and maturity of the European hake (*Merluccius merluccius*) (Linnaeus, 1758) from Iberian Atlantic waters. ICES J. mar. Sci., **60**, 1086-1102.

Piner K. R., and Wischniowski S. G., 2004: Pacific halibut chronology of bomb radiocarbon in otoliths from 1944 to 1981 and a validation of ageing methods. J. Fish Biol., **64**, 1060-1071.

Pinkas L., Oliphant M. S. and Iverson I. L. K., 1971: Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California water. Calif. Fish and Game, **152**, 3-105.

Pitt T. K., 1958: Age and growth of the capelin, *Mallotus villosus* (Müuller), from Newfoundland and Grand Bank areas. J. Fish. Res. Board Can., **15**, 295-311.

Pitt T. K., 1967: Age and growth of American plaice (*Hippoglossoides platessoides*) in the Newfoundland area of the northwest Atlantic. J. Fish. Res. Board Can., **24**, 1077-1099.

Poinsard F. and Troadec J.-P., 1966: Détermination de l' Âge par la Lecture des otolithes chez deux espèces de Sciaenidés Ouest-Africains (*Pseudotolithus senegalensis* C. V. et *Pseudotolithus typus* Blkr.). J. Cons. perm. Int. Explor. Mer., **30**, 291-307.

Poole W. R. and Reynolds J. D., 1996: Growth rate and age at migration of *Anguilla anguilla*. J. Fish Biol., **48**, 633-642.

Popper A. N., 1979: Ultrastructure of sacculus and lagena in a moray eel (*Gymnothorax* sp). J. Morphology, **161**, 241-256.

Postuma K. H., 1974: The nucleus of the herring otolith as racial chracter. J.Cons. int. Explor. Mer., **35**, 121-129.

Postuma K. H. and Zijlstra J. J., 1958: On the distinction between herring races in autumm-and winter-spawning herring of the North Sea and English Channel by means of the otoliths and an application of this method in tracing the offspring of the races along the continental coast of the North Sea. Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer., **143**, 130-133.

Potter I. C., Cardner D. C. and Claridge P. N., 1988: Age composition, growth, movements, meristics and parasites of the whiting, *Merlangius merlangus*, in the Severn estuary and Bristol channel. J. Mar. Biol. Ass. U. K., **68**, 295-313.

Potts J. C. and Manooch III C. S., 2001: Differences in the age and growth of white grunt (*Haemulon plumieri*) from North Carolina and South Carolina compared with southeast Florida. Bull. Mar. Sci., **68**, 1-12.

Power G., 1978: Fish population structure in Arctic lakes. J. Fish. Res. Board Can., **35**, 53-59.

Prentice J. D. and Dean, Jr. W. J., 1991: Use of known-age red drums to validate scale and otolith ages and to estimate growth in fresh water. Nor. Amer. J. Fish. Manag., **11**, 424-428.

Price W. S., 1978: Otolith comparison of *Alosa pseudoharengus* (Wilson) and *Alosa aestivalis* (Mitchill). Can. J. Zool., **56**, 1216-1218.

Prince E. D., Lee D. W., Wilson C. A., and Dean J. M., 1986: Longevity and age validation of a tag-recaptured Atlantic sailfish, *Istiophorus platypterus*, using dorsal spines and otoliths. Fish. Bull., **84**, 493-502.

Pruter, A. T., and Alverson D. L., 1962: Abundance, distribution, and growth flounders in the south-eastern Chuchi Sea. J, du Cons, **27**, 81-99.

Pulfrich, A. and Griffiths C. L., 1988: Growth,sexual maturity and reproduction in the hottentot *Pachymetopon blochii* (Val.) (1988) S. Afr. J. mar. Sci., **7**, 25-36.

Radtke L., 1989: Larval fish age, growth and body shrinkage: information available from otoliths. Can. J. Fish. Aquat. Sci., **46**, 1884-1894.

Radtke R. L., Collins M., and Dean J. M., 1982: Morphology of the Atlantic blue marlin (*Makaira nigricans*) and their possible use in age estimation. Bull. Mar. Sci., **32**, 498-503.

Radtke R. L., and Dean J. M., 1981: Morphological features of the otoliths of the sailfish, *Istiophorus platypterus*, useful in age determination. Fish. Bull., **79**, 360-367.

Radtke R. L., Fine M. L., and Bell J., 1985: Somatic and otolith growth in the oyster toadfish (*Opsanus tau* L.). J. Exp. mar. Biol. Ecol., **99**, 259-275.

Radtke R. L., and Hurley P. C. F., 1983: Age estimation and growth of broadbill swordfish, *Xiphias gladius*, from the Northwest Atlantic based on external features of otoliths. NOAA Tech. Rep. NMFS, **8**, 145-150.

Raitt D. F. S., 1961a: Otolith studies of southern North Sea herring. J. du Cons., **26**, 312-328.

Raitt D. F. S., 1961b: Some unusal otolith types on the Blϕden Ground in 1958 and their subsequent occurrence in the adult fisheries. J. du Cons., **26**, 329-335.

Reay P. J., 1972: The seasonal pattern of otolith growth and its application to back-calculation studies in *Ammodytes tobianus* L.. J. Cons. int. Explor. Mer., **34**, 485-504.

Reibisch J., 1989: Eizahl bri Pleuronectes platessa und die altersbestimmung dieser from aus den otolithen. Wissenschaftlich Meerensunter Suchungen Neue Folge Abtteilung, Kiel, **4**, 233-248.

Reimers N., 1979: A history of a stunted brook trout population in an Alpine lake: a lifespan of 24 years. Calif. Fish and Game, **65**, 196-215.

Richter H., McDermott G., 1990: The staining of fish otoliths for age determination. J. Fish Biol., **36**, 773-779.

Rijnsdorp A. D., and vanLeeuwen P. I., 1992: Density-dependent and independent changes in somatic growth of female of female North Sea plaice *Pleuronectes platessa* between 1930 and 1985 as revealed by back-calculation of otoliths. Mar. Ecol. Prog. Ser., **88**, 19-32.

Robards M. D., Rose G. A., and Piatt J. F., 2002: Growth and abundance of Pacific sand lance, *Ammodytes hexapterus*, under differing oceanographic regimes. Env. Biol. Fish., **64**, 429-441.

Roberson N. E., D. K. Kimura, D. R. Gunderson and A. M. Shimada, 2005: Indirect validation of the age-reading method for Pacific cod (*Gadus macrocephalus*) using otoliths from marked and recaptured fish. Fish. Bull., **103**, 153-160.

Rocha-Olivares A., 1998: Age, growth, mortality, and population characteristics of the Pacific red snapper, *Lutjanus peru*, off the southeast coast of Baja California, Mexico. Fish. Bull., **96**, 562-574.

Rodríguez-Roda J., 1982: Biología de la caballa (o estornino), Scomber (Pneumatophorus) japonicus Houttuyn (1972) del golfo de Cádiz. Inv. Pesq., **46**, 143-159.

Rodriguez M. J. R. and Hammann M. G., 1997: Age and growth of totoaba, *Totoaba macdonaldi* (Sciaenidae), in the upper Gulf of California. Fish. bull., **95**, 620-628.

Rollefsen G., 1933: The otolith of the cod. Rep. Norw. Fish. Mar. Inv., **4**, 1-14.

Rollefsen G., 1934: The cod otoliths as a guide to race, sexual development and mortality. Rapp P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer., **88**, 5-8.

Rollefsen bG., 1935: The spawning zone in cod otoliths and prognosis of stock. Rep. Norw. Fish. Mar. Inv., **4**, 1-10.

Rybock J. T., Horton H. F and Fessler J. L., 1975: Use of otoliths to separate juvenile steelhead trout from juvenile rainbow trout. Fish. Bull., **73**, 654-659.

Sadovy Y., Figuerola M. and Román A., 1992: Age and growth of red hind *Epinephelus guttatus* in Puerto Rico and St. Thomas. Fish. Bull., **90**, 516-528.

Sadovy Y. and Severin K. P., 1994: Elemental patterns in red hind (*Epinephelus guttatus*) otoliths from Bermuda and Puerto Rico reflect growth rate, not temperature. Can. J. Fish. Aquat. Sci., **51**, 133-141.

佐伯光広，1998: 仙台湾周辺海域のババガレイの加入動向．水産海洋研究，**62**，41-43.

佐伯光広，1999: 三陸・常磐沖合で漁獲されたサメガレイの資源生態について．東北底魚研究，**19**，38-45.

佐伯光広，2001: 仙台湾周辺海域で漁獲されたホシガレイの資源生態について．日本水産学会東北支部会報，**51**，21-22.

佐伯光広，2002: 宮城県におけるマガレイの資源生態と近年の資源動向．東北底魚研究，**22**，34-36.

佐伯光広，菊池喜彦，2000: 宮城県沿岸域における異なる海域間で漁獲されたマコガレイの成長，産卵期および遺伝的差異について．宮城水セ研報，**16**, 61-70.

酒井敬一，1986: 魚類図鑑 南三陸の沿岸魚，志津川漁業協同組合，志津川町，宮城，179pp.

酒井敬一，川村 亨，熊野芳明，1990: 南三陸周辺水域におけるクロソイの年齢と成長．宮城水試研報，**13**，10-19.

阪地英男，2001: 高知県宿毛湾におけるマアジ（「きあじ」タイプ）の産卵期と成熟年齢．黒潮の資源海洋研究，**2**，39-44.

阪本俊雄，1976: 紀伊水道産タチウオの年令と生長．日水誌，**42**，1-11.

阪本俊雄，鈴木 猛，1974: 紀伊水道産イボダイの年令と生長．日水誌．**40**，551-560.

桜井泰憲，1991: 北海道・東北海域におけるマダラの年齢・成長と繁殖生態について．第12回東北海区底魚研究チーム会議会議報告，48-49.

桜井泰憲，1997: 成長解析の実例 -10, マダラとサンマ，「水産学シリーズ 115，水産動物の成長解析」（日本水産学会監修，赤嶺達郎，麦谷泰雄編），恒星社厚生閣，東京，pp. 106-122.

桜井泰憲，福田慎作，1984: 陸奥湾に来遊するマダラの年齢と成長．青森県水産増殖センター研報，**3**, 9-14.

Samamé M. L. and Okada K., 1973: Determinatión de la edad, crecimiento y dinámica de la población de la cachema, Cynoscion analis Jenyns, de la Costa Norte del Perú. Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab., **73**, 23-47.

山洞 仁，樋田陽治，1977: 浅海漁業重要資源生態調査－3（ヒラメ）. 昭和51年度浅海漁場重要資源生態調査報告書，山形水試，1-45.

Sasaki K., 1995: Two new species of *Atrobucca* (Sciaenidae) from the Bay of Bengal. Jan. J. Ichthyol., **42**, 269-275.

佐々木正義，蜜谷法行，西内修一，塩川文康，高橋豊美，2004: 北海道後志沿岸におけるクロソイの年齢と成長．水産海洋研究，**68**, 232-238.

佐藤 栄，加賀吉栄，1952: マイワシの年齢に関する研究（第2報）. 北水研報，**3**, 43-52.

Sawyer P. J., 1967: Intertidal life-history of the rock gunnel, *Pholis gunnellus*, in the western Atlantic. Copeia, 1967, **1**, 55-61.

Scarnecchia D. L., 1987: Rapid removal of otoliths from salmonids. Nor. Amer. J. Fish. Manage., **7**, 312-313.

Schmidt D. J., Collins M. R., and Wyanski D. M., 1993: Age, growth, maturity, and spawning of Spanish mackerel, *Scomberomorus maculates* (Mitchill), from the Atlantic coast of the southeastern United States. Fish. Bull., **91**, 526-533.

Schmidt J., 1923: Consumption of fish by porpoise. Nature, **112**, 902

Schneidervin R. W. and Hubert W. A., 1986: A rapid technique for otolith removal from salmonid and catostomids. Nor. Amer. J. Fish. Manage, **6**, p287.

Schneppenheim, R., and Freytag G., 1980: Age determination by staining otoliths of *Notothenia rossii marmorata* with ninhydrin. Cybium, 3e, série, **8**, 13-15.

Schramm Jr. H. L., 1989: Formation of annuli in otoliths of bluegills. Trans. Amer. Fish. Soc., **118**, 546-555.

Schramm Jr. H. L., Malvestuto S. P. and Hubert W. A., 1992: Evaluation of procedures for back-calculation of lengths of largemouth bass aged by otoliths. Nor. Amer. J.Fish. Manag., **12**, 604-608.

Schwamborn S. H. L. and Ferreira B. P., 2002: Age structure and growth of the dusky damselfish, *Stegastes fuscus*, from Tamandar reefs, Pernambuco, Brazil. Env. Biol. Fish., **63**, 79-88.

Scott D. M., 1954: A comparative study of the yellowtail flounder from three Atlantic fishing area. J. Fish. Res. Board Can., **11**, 171-197.

Secor D. H., Trice T. M. and Hornick H. T., 1995: Validation of otolith-based ageing and a comparison of otolith and scale-based ageing in mark-recaptured Chesapeake Bay striped bass, *Morone saxatilis*. Fish. Bull., **93**, 186-190.

関川武史，高橋豊美，高津哲也，2002: 北海道木古内湾におけるアイナメ *Hexagrammos otakii* の年齢と成長．水産増殖，**50**, 395-400.

Sekigawa T., Takahashi T., Takatsu T., Nishiuchi S., Sasaki M. and Shiokawa F., 2003: Age and growth of *Sebastes vulpes* in the coastal waters of western Hokkaido, Japan. Fishery Science, **69**, 575-580.

銭 世勤，胡 雅竹，1980: ウマズラハギの年齢と成長の初歩的研究。水産学報，4, 東海産ウマズラハギ論文集（大滝英夫訳，1990), 49-56, 水産庁研究部資源課，1-139.

Shen K.-N., and Tzeng W.-N., 2002: Formation of a metamorphosis check in otoliths of the amphidromous goby *Sicyopterus japonicus*. Mar. Ecol. Prog. Ser., **228**, 205-211.

Shimose T. and Tachihara K., 2005: Age, growth and maturation of the blackspot snapper *Litjanus fulviflammus* around Okinawa Island, Japan. Fisheries Science, **71**, 48-55.

Sikstrom C. B., 1983: Otolith,pectoral fin ray, and scale age determinations for Arctic grayling. Prog. Fish-Cult., **45**, 220-223.

島村信也, 五十嵐　敏, 1998: ミギガレイ資源生態調査. 福島水試事業報告. 27-31.

清水詢道, 増沢　寿, 1974: ヒラメ Ⅲ, 発生段階別分布生態. 昭和48年度太平洋中区栽培漁業資源生態調査報告書（マダイ・ヒラメ), 神奈川水試, 64-69.

篠田正俊, 1974a: ヒラメ左右耳石の相称性について. 鳥取水試研報, **15**, 76-79.

篠田正俊, 1974b: ヒラメの年令と成長について. 鳥取水試研報, **15**, 80-87.

Sinoda M. and Jayashinghe S. D. Don 1971: Possibility of race separation of “Nigisu” by means of otoliths. Bull. Jan. Soc. Sci. Fish., **37**, 1140-1149.

篠原基之, 福田富男, 萱野泰久, 濱崎正明, 1999: 播磨灘北西部におけるマアナゴの年齢組成と成熟について. 岡山水試研報, **14**, 74-75.

Sipe A. M., and Chittenden Jr. M. E., 2001: Acomparison of calcified structures for aging summer flounder, *Paralichthys dentatus*. Fish, Bull., **99**, 628-640.

白取尚美, 1993: 青森県太平洋側におけるヒラメの年齢と成長, 成熟および性比について. 東北海区人工魚礁技術研究会会議報告, 1992年度, 10-19.

Six L. D. and Horton H. F., 1997: Analysis of age determination methods for yellowtail rockfish, canary rockfish, and black rockfish off Oregon. Fish. Bull., **75**, 405-414.

Smedstad O. M. and Holm J. C., 1996: Validation of back-calculation formulae for cod otoliths. J. Fish Biol., **49**, 937-985.

Smith D. C., 1982: Age and growth of jackass morwong (*Nemadactylus macropterus* Bloch & Schneider) in eastern Australian water. Aust. J. Mar. Freshw. Res., **33**. 245-253.

Smith D. C., Fenton G. E., Robertsen S. G. and Short S. A., 1995: Age determination and growth of orenge roughy (*Hoplostethus atlanticus*): a comparison of annulus counts with radiometric ageing. Can. J. Fish. Aquat. Sci., **52**, 391-401.

Smith M. K., 1992: Regional differences in otolith morphology of the deep slope red snapper *Etelis carbunculus*. Can. J. Fish. Aquat. Sci., **49**, 795-804

Smith S. N., 1968: Otolith age reading by mean of surface structure examination. J. Cons. int. Explor. Mer., **32**, 270-277.

Smoker W. and Pearcy W. G., 1970: Growth and reproduction of the lanternfish, *Stenobrachius leucopsarus*. J. Fish. Res. Board Can., **27**, 1265-1275.

Sogard S. M., 1991: Interpretation of otolith microstructure in juvenile winter flounder (*Pseudopleuronectes americanus*): ontogenetic development, daily increment validation, and somatic growth relationships. Can. J. Fish. Aquat. Sci., **48**, 1862-1871.

Solomon G., Sano M., Shimizu, M. and Nose Y., 1987: Age and growth of the pleuronectid flounder *Limanda yokohamae* in Tokyo Bay, Japan. Nippn Suisan Gakkaishi, **53**, 711-716.

Southward G. M., 1962: A method of calculating body lengths from otolith measurements for Pacific-Albatross Grounds data between 1935 and 1957. J. Fish. Res. Board Can., **19**, 339-362.

Spratt J. D., 1972: Age and length composition of northern anchovies, *Engraulis mordax*, in the Calfornia anchovy reduction fishery for the 1969-70 season. Calif. Fish and Game, **58**, 121-126.

Spratt J. D., 1975: Growth rate of the northern anchovy, *Engraulis mordax*, in southern California waters, calculated from otoliths. Calif. Fish and Game, **61**, 116-126.

Spratt J. D., 1976: Anomalous otoliths from the northern anchovy, *Engraulis mordax*. Calif. Fish and Game, **62**, 235-236.

Spratt J. D., 1981: Status of the Pacific herring, *Clupea harengus pallasii*, resource in California 1972 to 1980. Calif.Fish and Game, Fish. Bull., **171**, 2-107.

Staples D. J., 1971: Methods of ageing red gurnard (Teleostei: Triglidae) by fin rays and otoliths. N. Z. J. Mar. Freshw. Res., **5**, 70-79.

Staples D. J., 1972: Growth of red gurnard (Teleostei: Triblidae) from Pegasua Bay, Canterbury New Zealand. N. Z. J. Mar. Freshw. Res., **6**, 365-374.

Steven G. A. 1952: Contributions to the biology of the mackerel, *Scomber scombrus* L. Ⅲ. Age and growth. J. mar. biol. Ass. U. K., **30**, 549-568.

Stevenson J. T., Secor D. H., 1999: Age determination and growth of Hudson River Atlantic sturgeon, *Acipenser oxyrinchus*. Fish. Bull., **97**, 153-166.

Stewart B. D., Fenton G. E., Smith D. C. and Short S. A., 1995: Validation of otolith-increment age estimates for a deepwater fish species, the warty oreo *Allocyttus verrucosus*, by radiometric analysis. Mar. Biol., **123**, 29-38.

Sturn M. G. L., and Salter P., 1989: Age, growth, and reproduction of the king mackerel *Scomberomorus cavalla* (Cuvier) in Trinidad waters. Fish. Bull., **88**, 361-370.

Sulistiono M. Yokota, Kitada S. and Watanabe S., 1999: Age and growth of Japanese whiting *Sillago japonica* in Tateyama Bay. Fisheries Science, **65**, 117-122.

Sunada J. S., 1974: Age and growth of the Pacific saury *Cololabis saira*. Calif. Fish and Game, **60**, 64-73.

巣山　哲, 2002: 北太平洋におけるサンマ *Cololabis saira* (Brevoort) の年齢, 成長および成熟に関する研究. 水研センター研報, **5**, 68-113.

巣山　哲, 桜井泰憲, 2000: 西部太平洋におけるサンマの耳石透明帯の形成時期. 東北水研研報, **63**, 97-108.

巣山　哲, 桜井泰憲, 目黒敏美, 島崎健二, 1992: 中部太平洋におけるサンマ Cololabis saira の耳石日周輪に基ずく年齢と成長の推定. 日水誌, **58**, 1607-1614.

Suyama S., Sakurai Y. and Shimazaki k., 1996: Age and growth of Pacific saury *Cololabis saira* (Brevoort) in the Western North Pacific Ocean estimated from daily otolith growth increments. Fisheries Science, **62**, 1-7.

Suyama S., Kurita Y. and Ueno Y., 2006: Age structure of Pacific saury *Cololabis saira* based on observations of the hyaline zones in the otolith and length frequency distributions. Fish. Sci., **72**, 742-749.

Suzuki K., 1966: Growth of *Kareius bicoloratus* (BASILEWSKY). Rep. Fac. Fish. Univ. Mie, **5**, 455-472.

Suzuki K., 1967a: A contribution of the fishery biology of a myctophid fish, *Chlorophthalmus albatrossis* Jordan et Starks. Rep. Fac. Fish. Univ. Mie, **6**, 1-15.

Suzuki K., 1967b: Age and growth of *Limanda yokohamae* (Günther) in Ise Bay. Rep. Fac. Fish. Univ. Mie, **6**, 17-27.

鈴木　清, 木村清志, 1977: 長良川流域におけるフナ属魚類の成長. 魚類学雑誌, **24**, 199-206.

鈴木　清, 木村清志, 1980: 熊野灘におけるタチウオの資源生物学的研究. 三重大水産研報, **7**, 173-192.

鈴木智之, 大池一臣, 池原宏二, 1978: ウスメバルの年令と成長について. 日水研研報, **29**, 111-119.

Svalastog D., 1991: A note on maximum age of brown trout, Salmo trutta L. J. Fish Biol., **38**, 967-968.

Svedäng H., Wickström H., Reizenstein M., Holmgren K. and Florenius P., 1998: Accuracy and precision in eel age estimation, using otoliths of known age. J. Fish Biol., **53**, 456-464

庄司泰雅, 1982: 銚子近海のムシガレイの成長と成熟. 千葉水試研報, **40**, 75-82.

庄司泰雅, 目黒清美, 伊藤光正, 1982: 銚子近海のイシガレイの成長と成熟. 千葉水試研報, **40**, 67-74.

高越哲男, 秋元義正, 1976: 福島県沖におけるヤナギムシガレイの生態について - 分布および成長. 日本水産学会東北支部会報, **26**, p73.

Takahashi T., Hayakawa Y., Kamiharako T., Nakatani T. and Takatsu T., 1995: Age and growth of brown sole *Pleuronectes herzensteini* in the coastal waters of western Aomori Prefecture, Japan. Fish. Sci., **61**, 893-897.

高橋正和, 二平　章, 山廼邊昭文, 2003: 常磐海域におけるヤナギムシガレイの資源生態と管理方策. 東北底魚研究, **23**, 1-3.

高橋裕哉, 矢部　衛, 1990: キンギョ,「動物解剖図」(日本動物学会編), 丸善株式会社, 東京, pp. 52-58.

高井　徹, 1959: 日本産重要ウナギ目魚類の形態, 生態および増殖に関する研究. 農水講研報, **8**, 196-211.

高井　徹, 吉岡信夫, 前川兼祐, 八幡健郎, 1954: 内海産ハモ属二種の比較生態学的研究. 水講研報, **3**, 55-73.

Takashima Y., Takada T., Matsuishi T. and Kanno Y., 2000: Validation of auto-counting method by NIH Image using otoliths of white-spotted char

Salvelinus leucomaenis. Fisheries Science, **66**, 515-520

高杉　知, 1996: 資源管理型漁業推進総合対策事業（マコガレイ）. 岩手県水産技術センター年報, 平成8年度, 77-82.

竹野功爾, 浜中雄一, 宮嶋俊明, 1997: 日本海沿岸におけるヒラメ1才魚の背鰭・臀鰭鰭条数と耳石初輪経の地理的変異. 京都府立海洋センター研報, **19**, 65-71.

竹野功爾, 浜中雄一, 宮嶋俊明, 1998: 京都沿岸海域におけるヒラメの資源構造にかんする研究－Ⅲ　ヒラメの年齢別の背鰭・臀鰭鰭条数と耳石初輪経. 京都府立海洋センター研報, **20**, 56-61.

竹野功爾, 浜中雄一, 宮嶋俊明, 1999: 京都沿岸海域におけるヒラメの資源構造に関する研究－Ⅳ　ヒラメの年齢と成長. 京都府立海洋センター研報, **21**, 34-40.

Takeshita N., Araki A., Mizoiri S., Tabeta O., Kimura S., 1998: Age and maturity of the bagrid fish *Pseudobagrus aurantiacus* in the Chikugo River, Kyushu Island, Japan. Fisheries Science, **64**, 21-26.

竹下直彦, 木村清朗, 1991: 筑後川におけるニゴイの年齢と成長. Nipppn Suisan Gakkaishi, **57**, 29-34.

Takita T., Sato T. and Kasai K. 1993: Age and growth of Nibea albiflora (Sciaenidae) distributed in Ariake Sound. Nippon Suisan Gakkaishi, **59**, 39-44.

田中利幸, 平川秀人, 泉　茂彦, 平田豊彦, 松本育夫, 島村信也, 1996: 底魚資源調査, 1）マコガレイの年齢組成調査. 福島水試事業報告, 19-22.

谷口順彦, 1981: ニベの生物学Ⅱ系統・類縁. 海洋と生物, **17**, 459-464.

Taniuchi T., Kanaya T., Uwabe S., Kojima T., Akimoto S. and Mitani I., 2004: Age and growth of alfonsino *Beryx splendens* from the Kanto District,central Japan, based on growth increments on otoliths. Fisheries Science, **70**, 845-851.

反田　実, 中村行延, 岡本繁好, 1992: 紀伊水道北部海域産マコガレイの年令と成長. 水産増殖, **40**, 317-321.

田染博章, 福岡和光, 石川佑司, 1987: 別府湾北部海域におけるマコガレイの生態に関する研究－Ⅰ, 幼稚魚の分布域と成長. 大分浅海漁業試験場調査研究報告, **8**, 1-11.

田代征秋, 一丸俊雄, 1995: 長崎県近海海域におけるヒラメの漁業生物学的研究. 長崎水試研報, **21**, 37-49.

Taylor R. G., Whittington J. A., Grier H. J. and Crabtree R. E., 2000: Age, growth, maturation, and protandric sex reversal in common snook, *Centropomus undecimalis*, from the east west coast of South Florida. Fish. Bull., **98**, 612-624.

Terwilliger M. R., and Munroe T. A., 1999: Age, growth, longevity, and mortality of blaskcheek tonguefish, *Symphurus plagiusa* (Cynoglossidae: Pleuronectiformes), in Chesapeake Bay, Virginia. Fish. Bull., **97**, 340-361.

Thomas R. M., 1983: Back-calculation and time of hyaline ring formation in the otoliths of the pilchard off south west Afrika. S. Afr. J. Mar. Sci., **1**, 3-18.

Thomas R. M., 1984: A method of age determination for the south west African pilchard *Sardinops ocellata*. S. Afr. J. Mar. Sci., **2**, 63-70.

Thompson B. A., Beasley M. and Wilson C. A., 1999: Age distribution and growth of greater amberjack, *Seriola dumerili*, from the north-central Gulf of Mexico. Fish. Bull., **97**, 362-371.

Thorogood J., 1987: Age and growth rate determination of southern bluefin tuna. T*hunnus maccoyii*, using otolith banding. J. Fish Biol., **30**, 7-14.

Todd P. R., 1980: Size and age of migrating New Zealand freshwater eel (*Anguilla* spp). N. Z. J. Mar. Freshw. Res., **14**, 283-293.

Tollit D. J., Steward M. J., Thompson P. M., Pierce G. J., Santos M. B. and Hughes S., 1997: Species and size differences in the digestion of otoliths and beaks: implication for estimates of pinniped diet composition. Can. J. Fish. Aquat. Sci., **54**, 105-119.

富川なす美, 2000: 仙台湾におけるメバルの人工魚礁への移動について. 宮城水セ研報, **16**, 51-54.

富川なす美, 2001: 仙台湾に於けるメバルの成長および繁殖について. 宮城水セ研報, **21**, 23-25.

富永　敦, 1994: 鹿島灘に来遊するタチウオに関する二, 三の知見. 第15回東北海区底魚研究チーム会議報告, 1-9.

Tominaga O., Inoguchi K., Watanabe Y., Yamaguchi M., Nakatani T., and Takahashi T., 1996: Age and growth of pointhead flounder

Hippoglossoides pinetorum in Ishikari Bay, Hokkaido. Fish. Sci., **62**, 215-221.

Tong L. J. and Vooren C. M., 1972: The biology of the New Zealand tarakihi, *Cheilodactylus macropterus* (Bloch and Schneider). Fish. Res. Bull., **6**, 11-59.

Toole C. L., Markle D. F., and Harris P. M., 1993: Relationships between otolith microstructure, and early life history events in dover sole, *Microstomus pacificus*. Fish. Bull., **91**, 732-753.

Torres G. J., Lombarte A. and Morales-Nin B., 2000: Sagittal otolith size and shape variability to identify geographical intraspecific differences in three species of the genus *Merluccius*. J. Mar. Biol. Ass. U. K., **80**, 332-342.

Trout G. C., 1954: Otolith growth of the Barents Sea cod. Rapp. P.-v. Réum. Cons. Int. Explor. Mer., **136**, 89-102.

Trout G. C., 1961a: The growth of immature *Sebastes viviparous* (Kϕyer) from the north Norwegian coast. Rapp. P.-v. Réun. Cons. Int. Explor. Mer., **150**, 291-296.

Trout G. C., 1961b: The otolith of group-0 *Sebastes mentella* Travin. Rapp. P.-v. Réun. Cons. Int. Explor. Mer., **150**, 297-299.

辻　敏，1975: 桧山支庁沿岸のスケトウダラ調査．北水試月報，**32**, 1-20.

辻野耕實，安部恒之，日下部敬之，1997: 大阪湾におけるマコガレイの漁業生物学的研究．大阪府立水試研報，**10**, 29-50.

塚本　賢，小野寺隆幸，後川慶三，松浦修平，1983: ムツゴロウの年齢形質．日水誌，**49**, 69-74.

鶴田義成，大関芳沖，1991: 東北海域におけるイカナゴの生態と資源－Ⅷ，仙台湾におけるイカナゴの再生産力の評価．昭和63年度－平成２年度イカナゴ資源研究会議報告書，77-82.

Tzeng W. N., Wu H. F. and Wickström H., 1994: Scanning electron microscopic analysis of annulus microstructure in otolith of European eel, *Anguilla anguilla*. J. Fish Biol., **45**, 479-492.

Tzioumis V. and Kingsford M. J., 1999: Reproductive biology and growth of the temperate Damselfish *Parma microlepis*. Copeia, **2**, 348-361.

Uchiyama J. H. and Sampaga J. D., 1989: Age estimation and composition of pelagic armorhead *Pseudopentaceros wheeleri* from the Hancock Seamounts. Fish. Bull., **88**, 217-222.

上田幸男，長江修身，広沢　晃，大西圭二，山添喜教，渡辺健一，1992: ハモの資源生態と漁業実態．徳島水試事業報告，92-95.

Uehara S., and Shimizu M., 1996: Age growth of stone flounder *Kareius bicoloratus* in Tokyo Bay, Japan. Fish. Sci., **62**, 897-901.

上野輝弥，阪本一男，1999: 魚の分類の図鑑 - 世界の魚の種類を考える，東海大学出版会，東京，155pp.

植野敏之，1977: 小型底曳網漁業資源に関する研究－マガレイの生態について．新潟水試研報，**6**, 51-65.

梅沢彰馬，塚本勝巳，1990: 耳石微細構造による湖産・海産アユの判別法．日水誌，**56**, 1919-1926.

魚住雄二，1982: ニュージーランドのホキ資源について．漁業資源研究会議，西日本底魚部会会議報告，**14**, 7-19.

Utagawa K. and Taniuchi T. 1999: Age and growth of the black rockfish *Sebastes inermis* in eastern Sagami Bay off Miura Peninsula, central Japan. Fishery Science, **65**, 73-78.

Vassilopoulou V., and Ondrias I., 1999: Age and growth of the four-spotted megrim (*Lepidorhombus boscii*) in eastern Mediterranean waters. J. mar. biol. Ass. U. K., **79**, 171-178.

Vilhjálmsson H., 1968: A contribution to the knowledge of the Icelandic capelin. Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer., **158**. 32-38.

Vilizzi L., Walker K. F., 1999: Age and growth of the common carp, *Cyprinus carpio*, in the River Murray, Australia,consistency of age interpretation, and growth models. Env. Biol. Fish., **54**, 77-106.

Vooren C. M., 1977: Growth and mortality of tarakihi (Pisces: Cheilodactylidae) in lightly exploited populations. N. Z. J. Mar. Freshw., **11**, 1-22.

Vψllestad L. A., 1985: Age determination and growth of yellow eels, *Anguilla anguilla* (L.), from brackish water, Norway. J. Fish. Biol., **26**, 521-525.

和田克彦，1970: 新潟県沖合産マガレイの資源生物学的研究．日水研研報，**22**, 31-43.

和田恵子，堀　義彦，富永　敦，1997: 茨城県沿岸のマコガレイの成熟と年齢・成長について．茨城水試研報，**35**, 19-23.

若林　清，1989: 東部ベーリング海におけるコガネガレイの漁業生物学的研究．遠洋水研研報，**26**, 21-152.

Waldron M. E., 1994: Validation of annuli of the South African anchovy, *Engraulis capensis*, using daily otolith growth increments. ICES J. Mar. Sci., **51**, 233-234.

Waldron M. E. and Kerstan M., 2001: Age validation in horse mackerel (*Trachurus trachurus*) otoliths. ICES, J. Mar. Sci., **58**, 806-813.

Warburton K., 1978: Age and growth determination in a marine catfish using an otolith check technique. J, Fish Biol., **13**, 429-434.

渡辺謙一, 岡崎孝博, 1999: 徳島県沿岸のイサキの年齢と生長. 水産増殖, **47**, 349-353.

渡辺謙一, 上田幸男, 城　康彦, 1995: 徳島県太平洋沿岸域のアカアマダイの年令と成長. 徳島県水産試験場事業報告, Ⅳ研究報告, 193-200.

渡邊憲一, 貝田雅志, 花田利香子, 伊藤　東, 2003: 新潟県沿岸海域におけるオニオコゼ *Inimicus japonicus* の年齢と成長および産卵期. Nippon Suisan Gakkaishi, **69**, 201-207.

渡辺　徹, 1954: 日本海南西海域における底魚資源研究(1), ソウハチ *Cleisthens herzensteini* (Schimut) の年令査定. 日水研年報, **1**, 65-81.

渡邊　徹, 1956: 重要魚族の漁業生物学的研究 – ニギス, 日水研研報, **4**, 159-182.

Watanabe Y. and Kuji Y., 1991: Verification of daily growth increment formation in saury otoliths by rearing larvae from hatching. Jan. J. Ichthyol., **38**, 11-15.

Watari, S., Yonezawa J., Yamada S., Tanaka E. and Kitakado T., 2005: Age and growth of yellowstriped butterfish, *Labracoglossa argentiventris*, around Izu Oshima Island. Fisheries Science, **71**, 86-94.

Watson J. E., 1964: Determining the age of young herring from their otoliths. Trans. Amer. Fish. Soc., **93**, 11-20.

Webb B. F. and Grant C. J., 1979: Age and growth of jack mackerel, *Trachurus declivis* (Jenyns), from south-eastern Australian waters. Aust. J. Mar. Freshw. Res., **30**, 1-9.

Welch T. J., van den Avyle M. J., Betsill R. K. and Driebe E. M. 1993: Precision and relative accuracy of striped bass age estimates from otoliths, scales, and anal fin rays and spines. Nor. Amer. J. Fish. Manage., **13**, 616-620.

Wenner C. A., Roumillat W. A. and Waltz C. W., 1986: Contributions to the life history of black sea bass, *Centropristis striata*, off the southeastern United States. Fish. Bull., **84**, 723-741.

Westrheim S. J., 1973 Age determination and growth of Pacific Ocean perch (*Sebastes alutus*) in the northeast Pacific Ocean. J. Fish. Res. Board Can., **30**, 235-247.

White D. B., Wyanski D. M., and Sedberry G. R., 1998: Age, growth, and reproductive biology of the blackbelly rosefish from the Carolina, U.S.A. J. Fish Biol., **53**, 1274-1291.

Williams T. and Bedford B. C., 1973: The use of otoliths for age determination, in "Ageing of fish" (ed. by Bagenal T.B.), Unwin Brothers Ltd., Surry, pp. 114-123.

Wilson C. A., Dean J. M., and Radtke R., 1982: Age, growth rate and feeding habits of the oyster toadfish, *Opsanus tau* (Linnaeus) in South Carolina. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., **62**, 251-259.

Wilson C. A., Dean J. M., Prince E. D., and Lee D. W., 1991: An examination of sexual dimorphism in Atlantic and Pacific blue marlin using body weight, sagittae weight, and age estimates. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., **151**, 209-225.

Wilson Jr. R. R., 1985: Depth-relate changes in sagitta morphology in six macrourid fishes of the Pacific and Atlantic Oceans. Copeia, **4**, 1011-1017.

Winters G. H., 1970: Record size and age of Atlantic capelin, *Mallotus villosus*. J. Fish. Res. Board Can., **27**, 393-395.

Winters G. H., 1981: Growth patterns in sand lance, *Ammodytes dubius*, from the Grand Bank. Can. J. Fish. Aquat. Sci., **38**, 841-846.

Withell A. F., and Wankowski J. W., 1988: Estimates of age and growth of ocean perch, *Helicolenus percoides* Richardson, in south-eastern Australian waters. Aust. J. Mar. Freshwater Res., **39**, 441-457.

Withell A. F. and Wankowski J. W., 1989: Age and growth estimates for pink ling, *Genypterus blacodes* (Schneider), and gemfish, *Rexea solandri* (Cuvier), from eastern Bass Strait, Australia. Aust. J. Mar. Freshw. Res., **40**, 215-226.

Wood R. J. and Foster M., 1966: Studies on the dunmore herring stock 2. The otolith of the dunmore herring. J. Cons. int. Explor. Mer., **30**, 222-236.

Worthington D. G., Doherty P. J. and Fowler A.

J., 1995: Variation in the relationship between otolith weight and age:implications for the estimation of age of two tropical damselfish (*Pomacentrus moluccensis* and P. wardi). Can. J. Fish. Aquat. Sci., **52**, 233-242.

Wright P. J., Panfili J., Morales-Nin B., Geffen A. J., 2002: Types of calcified structure, in "Manual of Fish Sclerochronology" (eds, Panfili J., Pontual H., Troadec H., Wright P. J.), Ifremer-IRD coedition, Brest, France, pp. 31-90.

Wright P. J., Woodroffe D. A., Gibb F. M. and Gordon J. D. M., 2002: Verification of first annulus formation in the illicia and otoliths of white anglerfish, *Lophius piscatorius* using otolith microstructure. ICES J. mar. Sci., **57**, 587-593.

Wysokinski A., 1983: Photographic guide for the determination from otoliths of the age of young hake *Merluccius capensis* from south west Africa (Namibia). S. Afr. J. Mar. Sci., **1**, 19-55.

Yabuki K., 1989: Age determination of Yanagimushigarei Tanakius kitaharai (Pleuronectidae) from otoliths in the Sea of Japan off Kyoto Prefecture. Nippn Suisan gakkaishi, **55**, 1331-1338.

八吹圭三，1990: ホッケの耳石による年齢査定．漁業資源研究会議，北日本底魚部会報，**23**, 25-36.

八吹圭三，1994: ホッケの耳石染色法による年齢査定と根室海峡における成長．漁業資源研究会議，北日本底魚部会報，**27**, 39-48.

Yamamoto T., Edo K. and Ueda H., 2000: Lacustrine forms of mature male masu salmon, *Oncorhynchus masou* Brevoot, in Lake Toya, Hokkaido. Japan. Ichthyol. Res., **47**, 407-410.

山本祥一郎，中野　繁，徳田幸憲，1992: 人造湖におけるイワナ *Salvelinus leucomaenis* の生活史変異とその分岐．日生態会誌，**42**, 149-157.

Yamamoto S. and Nakano S., 1996: Growth and development of a bimodal length-frequency distribution during smolting in a wild population of white-spotted charr in northern Japan. J. Fish Biol., **48**, 68-79

山本祥一郎，高橋芳明，北野　聡，後藤　晃，1996: 北海道南部の河川におけるアメマスの河川残留型雌．魚類学雑誌，**43**, 101-104.

山中崇裕，1999: ムシガレイ放流技術開発調査．青森水試事業報告，121-127

柳下直己，大木　繁，山崎　淳，2005: 若狭湾西部海域におけるヤナギムシガレイの年齢と成長および年齢組成．Nippn Suisan Gakkaishi, **71**, 138-145.

柳下直己，山崎　淳，田中栄次，2006: 京都府沖合海域で採集されたアカガレイの年齢と成長．Nippn Suisan Gakkaishi, **72**, 651-658.

安田秀明，1940: 同一個体の魚鱗・耳石・脊椎骨に顕れる輪紋に就いて．日水誌，**8**, 298-300.

Yodo T. and Kimura S., 1996: Age and growth of the laegemouth bass *Micropterus salmoides* in lakes Shorenji and Nishinoko, Central Japan. Fisheries Science, **62**, 524-528.

横川浩治，1992: 播磨灘南部海域産マダイの耳石による年齢と成長の推定．水産増殖，**40**, 15-23.

横川浩治，井口政紀，山賀賢一，1992a: 播磨灘南部沿岸海域におけるカサゴの年齢, 成長および肥満度．水産増殖，**40**, 227-234.

横川浩治，井口政紀，山賀賢一，1992b: 播磨灘南部沿岸海域におけるメバルの年齢，成長および肥満度．水産増殖，**40**, 235-240.

Yoneda M., Tokimura M., Fujita H., Takeshita N., Takeshita K., Matsuyama M. and Matsuura S., 1997: Age and growth of anglerfish *Lophius litulon* in the East China Sea and the yellow sea, Fisheries Science. **63**, 87-892.

Yoneda M., Tokimura M., Fujita H., Takeshita N., Takeshita K., Matsuyama M. and Matsuura S., 1998: Age and growth of the anglerfish *Lophiomus setigerus* in the East China Sea, Fisheries Science. **64**, 379-384.

Yoneda M., Yamasaki S., Yamamoto K., Horikawa H., and Matsuyama M., 2002: Age and growth of John Dory, *Zeus faber* (Linnaeus, 1758), in the East China Sea., ICES Journal of Marine Science, **59**, 749-756.

吉原喜好，門松寅吉，筒井絵里，2000: 伊豆半島沿岸域におけるメジナの年輪形成期について．水産増殖，**48**, 135-136.

吉川昌之，1995a: ニホンウナギ *Anguilla japonica* 養殖場における体重, 年齢と生殖腺の成熟度の関係ならびにその季節変化について．静岡水試研報，**30**, 23-27.

吉川昌之，1995b: 天然および養殖ニホンウナギ *Anguilla japonica* の大型魚における性比と体重および年齢の関係．静岡水試研報，**30**, 29-34.

Young P. H., 1963: The kelp bass (*Paralabrax clathratus*) and its fishery, 1947-1958. Calif. Fish and Game, **122**, 2-55.

水研センター研報，第25号，223－287，平成20年
Bull. Fish. Res. Agen. No. 25, 223-287, 2008

クロソイの栽培漁業技術開発に関する研究[*1]

中川　雅弘[*2]

Studies on the Stock Enhancement Technology of the Black Rockfish *Sebastes schlegeli*

Masahiro NAKAGAWA

Abstract: Many species in *Sebastes* genus are important as a commercial and recreational fisheries resource. Juvenile of six rockfish species (*Sebastes schlegeli, S. inermis, S. vulpes, S. pachycephalus, S. oblongus* and *S. thompsoni*) are currently produced for stocking in Japan. Growth of black rockfish, *Sebastes schlegeli*, is more rapid than that of other rockfish species; also, their range of movement is limited. For these reasons, black rockfish is considered to be a promising target fish species for stock enhancement. Stock enhancement is a management tool that might augment depleted wild populations of marine living resources by supplementing or restocking the stocks. This study aimed to develop systematic technology for the stock enhancement of this species which includes broodstock management, juvenile production, nursery growout, marking method and release strategy.

Effects of rearing temperature on growth and maturation of black rockfish were examined in captivity. Rockfish were reared at three different temperature conditions, natural temperature (control group), natural temperature + 12℃ in winter-spring (12℃ group) and natural temperature + 15℃ in winter-spring (15℃ group), during the period from 7 months after birth (MAB) in December 1997 to 48 MAB in May 2001 (4 years old). The lowest natural water temperature ranged from 4 to 6℃ in February. Rockfish reared at higher temperature in winter-spring showed significantly larger total length (TL) as 15℃ group > 12℃ group > control group up to 15 MAB. However, significant difference in TL between treatments was not found after 16 MAB. This was caused by higher growth rate of control group > 12℃ group > 15℃ group during the following warm period of 13 (July 1998) to 18 MAB (December 1998). This phenomenon is thought to be compensatory growth of fish whose growth was limited due to low temperature in winter-spring season. Female fish grew faster at higher temperature treatment up to 2.5 years old, but there was no difference in growth rate between treatments for male. A slightly higher maturation rate was found at higher temperature treatment in male and no temperature effect on maturation in female fish. Four-year-old female at natural temperature and 12℃ treatments bore healthy larvae. However, those at 15℃ treatment had abnormal parturition. Within the present experimental conditions, the artificial increase of winter-spring temperature from natural one to 12℃ or 15℃ is concluded to be of no use in order to enhance growth and maturation of black rockfish broodstock.

The gonadal development in rearing black rockfish were monitored for one full year. Female fish began vitelogenesis from November and completed it in March. Gestation occurred

2008年 8 月27日受理（Received on August 27, 2008）
[*1] 京都大学審査学位論文（掲載に際し投稿規定に沿って一部修正した）
[*2] 五島栽培漁業センター　〒853-0508　長崎県五島市玉之浦町布浦122-7（Goto Station, National Center for Stock Enhancement, Fisheries Research Agency, 122-7, Tamanoura, Goto, Nagasaki 853-0508, Japan）

from April, and parturition occurred in June. The reproductive cycle of female fish was divided into the following five periods. Vitellogenesis onset period: November-December, Vitellogenic period: January-March, Gestation period: April-May, Parturition period: June, Resting period: June-October.

Male fish began spermatogenesis from June, and matured in November and December. The reproductive cycle of male fish was divided into the following five periods. Spermatogonial proliferation period: March-May, Early spermatogenic period: June-July, Late spermatogenic period: August-October, Functional maturation period: November-December, Recovery period: January-February.

Five hatchery-reared female black rockfish (7 years-old) were separated from male fish and reared in an experimental tank before the mating season in order to prevent copulation. Egg diameter was observed weekly using a cannulation method. Egg diameter increased from the start of the measurements and then decreased 2-3 weeks after ovulation. Subsequently, all individuals released unfertilized eggs. The prevention of copulation was thought to be a cause of abnormal spawning of eggs during the birth season.

Developmental stages of intra-ovarian embryos in individual female black rockfish reared in an indoor tank were examined using a cannulation method on almost the same day (April 24 or 25) for three successive years. The estimated delivery occurred near the predicted date regardless of the year. This indicates that black rockfish have individually specific annual cycle of fertilization and embryonic development. Understanding individual cycle of parturition is useful for efficient broodstock management and juvenile production in aquaculture.

Because size difference in black rockfish larvae induces increased cannibalism, preparation of a sufficient number of larvae with the same or similar daily age is necessary for efficient aquaculture. We developed a method to concentrate the parturition period of female broodstock by examining the developmental stage of embryos using cannulation and selecting females, which are predicted to have similar parturition dates. We set up two groups examined over a 3-year period: one for selected broodstock by observation of embryos and the other as unselected control groups. The parturition period of selected group was significantly shorter than that of the control group and greater numbers of larvae with the same parturition date were obtained in the selected group over the 3 years of experiments. The differences between the predicted dates and the actual dates of parturition were 1-3 days for the day parturition began and 0-2 days for the day parturition ceased. These results indicate that selecting broodstock female on the basis of the inspection of the embryonic developmental stage using cannulation will enable us to obtain sufficient number of newly released larvae for systematic and efficient aquaculture.

Effects of feeding schedule without rotifer on growth and survival of black rockfish larvae were examined in captivity. Newly born larvae of black rockfish were reared under two feeding schedule, rotifer-*Artemia* (control group) and *Artemia* group from onset of feeding to 0 day after birth. There were no differences in feeding rate, growth rate, and survival rate between treatments. Feeding schedule rotifer without providing was proved to be feasible in rearing black rockfish juveniles in a hatchery.

Results of mass production of the black rockfish conducted from 1982 to 2004 were reviewed. Growth, development and mortality rate of black rockfish larvae and juvenile were examined. High mortality rates were observed from 3-7 days after birth (DAB), 18-25 DAB and 35-40 DAB. During the period from 3 to 7 DAB larvae died due to starvation caused by

deformity in mouth and vertebrae. Larvae from 18 to 25 DAB were thought to die of gas-balance disorder. Mortality of larvae from 35 to 40 DAB occurred because of cannibalism. The highest mortality of larvae was found from 3 to 7 DAB indicating that prevention of deformity is essential to develop an efficient aquaculture system of juvenile fish.

The effects of rearing density and feeding frequency to hatchery costs were studied in order to reduce costs during the intermediate culture of black rockfish in which fish are reared from 40 to 100 mm in TL. Juveniles were reared at 200, 400, and 800 individuals per kL, and fed formula feed once or twice per day. The experiment lasted for 42 days and no significant differences were observed in survival rates (99.9-100 %) and daily growth rates (3.3-3.5 %). Feed efficiencies, recorded as food intake per individual, in the once-per-day feeding groups were significantly higher than those in the twice-per-day feeding groups. Based on these results, once-per-day feeding and rearing under the highest density (800 ind./kL) were determined to be the most effective methods for economic rearing.

Juvenile black rockfish were marked by fin removal method in four size classes (40, 60, 80, 100 mmTL). The survival rate and duration of the mark were investigated over two years. The survival rates 2 years after marking was 95 % for 40 mm and 80 mm fish and 97 % for 60 and 100 mm fish. The mark retention rates 2 years after marking was 97 % for 40 mm fish and 100 % for 60, 80 and 100 mm fish. There was no difference in survival rate, mark retention rate and growth rate between treatments.

Effective conditions for alizarin complexone (ALC) staining of otoliths were examined in black rockfish to establish the optimum ALC marking methods. Juvenile black rockfish (45 mmTL) were immersed in three immersion concentrations (15, 30 and 50 mg/L) of ALC for three treatment durations (6, 12, 24h). The survival rate, ALC mark visibility and duration of the mark were investigated over two years. The survival rates 10 days after ALC immersion for 15 mg/Ltreatment were 99.9 % in two water tanks, showing significantly higher values than the 52.4 % and 81.7 % for 30 mg/L, and 13.7 % and 3.9 % for 50 mg/L. In addition, the 15 mg/L treatment showed the highest value in visibility of ALC marks on otoliths. The ALC marks were visible for over two years without polishing the otolith. Costs of ALC marking per fish under the conditions of 15, 30 and 50 mg/L were 1.50 yen, 4.47 yen and 57.0 yen, respectively. Among the concentrations used in this experiment, 15 mg/L was concluded to be the optimum concentration of ALC for otolith marking of black rockfish.

This study evaluated the stocking effectiveness of black rockfish released in Yamada Bay, off the northeastern Pacific coast of Japan, using three indices estimated from survey data collected on all business days at the Yamada Fish Market over a period of 11 years. Eight annual cohorts of hatchery-raised, marked juveniles were released into the bay from 1989-1991 and 1993-1997. During the market census, all landed black rockfish were investigated for TL and presence or absence of marks. The census indicated that 51,512 fish out of 447,400 hatchery-released juveniles were landed commercially and recorded at the market. Of the returned fish, 1-year-old fish accounted for 61.2 %, 2-year-old fish for 30.3 %, and ≧ 3 year-old fish for 8.6 %. Return rates of each year class ranged from 9.3 % to 15.4 % showing stable and rather high values. However, the economic return rate (landed sales values/hatchery costs) ranged between 0.68 and 1.25; 5 of the 8 year classes showed rates of less than 1, where hatchery costs exceeded their associated benefit. To make stocking of black rockfish feasible, raising the market price of this species through fishery management, decreasing hatchery production costs, and developing effective release strategies such as optimum release size are needed.

Effects of size at release on return rate and economic return rate at fish market of black rockfish were examined. Black rockfish were released at four different sizes at release into Miyako Bay: 100 mmTL (control groups), 80 mmTL group, 60 mmTL group, 50 mmTL group, from 1999 to 2001, respectively.

Return rate of control groups ranged between 13.8 % and 22.9 % (average 19.0 %) showing stable and rather high values. Of the experimental groups, the return rate was 9.5 % for 8 cmTL group, 9.6 % for 60 mmTL group and 3.4 % for 50 mmTL group. A positive correlation (r^2 = 0.76) was observed between size at release and return rate. Economic return rate of control groups ranged between 0.93 and 1.18 (average 1.03) showing stable and rather high values. Of the experimental groups, it was 0.78 for 80 mmTL group, 0.58 for 60 mmTL group and 0.29 for 50 mmTL group. A positive correlation (r^2 = 0.93) was observed between size at release and economic return rate. Return rate and economic return rate increased with size at release. Released (range 70-202 mmTL, N = 211) and wild juveniles (range 47-198 mmTL, N = 522) were collected using cage setnet in the most inner area of Miyako Bay. This indicates that juveniles used shallow vegetated habitats with seaweed and eelgrass in the most inner area of the bay as nursery grounds.

Increase of catch of black rockfish was recognized by release of hatchery-raised juveniles into Yamada Bay. However, compared with red sea bream and Japanese flounder, economic effectiveness is not sufficiently high enough to support the program financially. One important reason for the low economic effectiveness is low commercial value of black rockfish, because small 1-year-old fish accounted for the majority of landed fish. Although market landings of black rockfish increased due to stocking of hatchery fish, it quickly decreased after stop of stocking.

This suggests that stocking did not contribute to construct spawning stock population on Yamada Bay because of over fishing of young fish.

We can conclude that appropriate management of recruited population and conservation of nursery grounds are crucial for successful stock enhancement program.

Key words: *Sebastes schlegeli*, stock enhancement, broodstock management, juvenile production, stocking effectiveness

---

目　次

第1章　緒　言
第2章　親魚養成技術の開発
　第1節　成長と成熟
　第2節　生殖年周期
　第3節　交尾，胚発生および出産
第3章　種苗生産技術の開発
　第1節　ワムシを省いた餌料系列が仔魚の成長と生残に与える影響
　第2節　仔稚魚の成長，発育および日間死亡率
第4章　中間育成と標識技術の開発
　第1節　飼育密度と給餌回数
　第2節　外部標識（腹鰭抜去標識）
　第3節　内部標識（ALC 標識）
第5章　放流効果調査技術の開発
　第1節　岩手県山田湾に放流したクロソイの放流効果
　第2節　放流サイズが回収率に与える影響
第6章　クロソイの栽培漁業の展望
謝　辞
文　献

第1章　緒　　言

種苗放流による直接的な漁業資源の増大および安定を目的とした栽培漁業の取り組みは，1963年から社団法人瀬戸内海栽培漁業協会を中心に開始された(Imamura, 1999)。以降，種苗生産技術の発展に伴って様々な魚種の生産・放流が可能となり，2004年には

魚類36種，甲殻類14種，貝類21種，その他（棘皮類など）8種の計79種が全国で生産・放流された（水産庁・水産総合研究センター，2006）。

これまでの栽培漁業の技術開発では，良質な卵を安定的に得るための親魚養成技術，得られた仔魚を安定的に生産する種苗生産技術が主に実施されてきた。栽培漁業は本来，漁業資源の増大や安定化を図ることを目的としているため，種苗放流の効果調査を加えた総合的な研究が必要である。しかし，親魚養成から放流効果調査までの全過程をとりまとめた研究論文は見あたらない。そこで，本論文では，北海道および東北海域の多くの種苗生産機関で放流され，重要な栽培漁業対象種であるフサカサゴ科メバル属のクロソイ *Sebastes schlegeli* を研究対象として，総括的な栽培漁業の技術開発について記述した。

メバル属魚類は，北アメリカ西岸および日本周辺海域の北太平洋を中心に分布し（Boehlert and Yamada, 1991），これらの魚類は漁業および遊漁の対象となり，経済的な側面からも重要な魚類である（Kusakari, 1991；Boehlert and Yamada, 1991；永沢，2001）。日本におけるメバル属魚類の栽培漁業は，クロソイ，メバル *S. inermis*，キツネメバル *S. vulpes*，ムラソイ *S. pachycephalus*，タケノコメバル *S. oblongus* およびウスメバル *S. thompsoni* の計6種で実施されている（水産庁・水産総合研究センター，2006）。クロソイの成長は，メバル属魚類の中では最も速く（永沢，2001），放流後の移動範囲も比較的狭い（Nakagawa *et al.*，2004）。また，本種の漁獲量は多くはないものの，各地域における定着魚類として重要視されている（佐々木，1989）。このように，クロソイは我が国のメバル属魚類では最も重要な栽培漁業対象種として，日本各地の沿岸で放流されてきた（Kusakari，1991）。さらに，メバル属魚類の種苗放流および養殖は，米国および韓国においても積極的に実施されつつある（草刈，1995；Lim *et al.*, 2004）。

クロソイは胎生魚であるため，交尾，体内受精を経て仔魚で出産されるため，卵生魚にはみられない特有な繁殖生態を有している。このため，親魚に関する多くの研究は成熟した個体が対象となり，未成魚からの成長や成熟過程などの報告は見られない。また，本種の個体ごとの出産は，年1回で（草刈，1995），個体の出産は親魚群の中では同調せず，親魚1尾あたりの仔魚数は10～35万尾程度である（清水・八幡，1991）。このため，事業規模で種苗生産を実施するためには，一度に大量のふ化仔魚を得ることが必要であり，出産の同調化に関する技術開発が種苗生産機関の重要課題となっている。また，健苗の育成やコストの低減など，効率的な種苗生産技術の開発が強く求められている。種苗放流を事業として成立させるためには，経済的な効果の検討が必要とされるが（岩本ら，1998），本種の放流効果調査については，宮城県志津川湾で魚市場における回収率が推定されているにすぎない（小野寺ら，2001）。

本論文は，クロソイの栽培漁業技術を確立するために，社団法人日本栽培漁業協会宮古事業場（現：独立行政法人水産総合研究センター宮古栽培漁業センター，以下宮古センター）で実施した一連の研究結果を取り纏めたものである。第2章では成長および成熟，生殖年周期，交尾，胚の発生段階を基に出産の同調化の検討などの親魚養成に関する技術開発，第3章では，餌料系列，成長，発育，日間死亡率を調べ，安定的および経済的な種苗生産に関する技術開発，第4章では中間育成および標識装着に関する技術開発，第5章では放流後の移動，魚市場での回収率および経済回収率などの放流効果調査，第6章ではクロソイの栽培漁業の展望ついて述べる。

現在，我が国の沿岸で取り組まれている栽培漁業対象種の中には，マダイやヒラメのように親魚養成から放流効果推定までの技術がほぼ確立し，事業化に進んだ魚種もある。しかし，一方では多くの魚種で親魚養成技術や種苗生産技術がいまだに不安定であり，放流効果評価調査が実施された魚種も限られている。本研究の成果は単にクロソイだけでなく，他のメバル属魚類や定着性魚類についても応用可能と考えられ，栽培漁業技術の構築に寄与することが期待される。

第2章　親魚養成技術の開発

第1節　成長と成熟

クロソイはメバル属に分類される胎生魚であるため，卵生魚とは異なった繁殖生態を有し，交尾，体内授精を経て仔魚で出産する。このため，本種の親魚養成に関する研究は，主に成熟した個体が対象となってきた（Boehlert *et al.*, 1986；Yamada and Kusakari, 1994；Nagahama *et al.*, 1991；草刈，1995；吉田ら，2001；Mori *et al.*, 2003；Koya *et al.*, 2004；Yoshida *et al.*, 2005）。一方，本種の初回成熟の年齢は雄では2歳，雌では3歳（佐々木，1979）とされているが，年齢に伴う雌雄ごとの成長や成熟過程を稚魚期から連続的に調べた報告は認められない。これらを明らかにすることは，生物学的知見に基づいた本種の効率的な親魚養成技術を確立するために重要である。

魚類の成長速度と成熟は，水温（鈴木・山口，1977；Newell and Branch, 1980；Jobling, 1983；

Carmona-Osalde *et al.*, 2004），光周期（Thrush *et al.*, 1994；Duncan *et al.*, 1999；Bromage*et al.*, 2001），給餌量（Thorpe*et al.*, 1990），飼育密度（McClain, 1995；Jarboe and Romaire, 1995），遺伝（Glebe and Saunders, 1986；Ritter*et al.*, 1986）などの影響を受ける。中でも水温がこれらに与える影響は大きく，多くの魚種で研究されてきた（鈴木・山口，1977；Newell and Branch, 1980；Jobling, 1983；Carmona-Osalde *et al.*, 2004）が，クロソイではそれらの知見は乏しい。

そこで本研究では，クロソイの成長および成熟に与える水温の影響を明らかにすることを目的に，0歳から成熟する4歳まで3つの異なる水温条件の下で本種を飼育し，年齢および雌雄ごとの成長特性や成熟状況を調べた。

試料と方法

供試魚と試験区の設定　供試魚には，宮古センターで種苗生産されたクロソイ稚魚（平均全長9.7 cm）を用いた。試験は生後7カ月目（0歳）の1997年12月から，後述するようにすべての個体が成熟した48カ月（4歳）の2001年5月まで実施した。試験区として，水温を調整しない区（対照区），冬季の最低水温をそれぞれ12℃（12℃区）および15℃（15℃区）に維持する区の3区を設定した。自然水温下で飼育したクロソイは概ね秋に15℃で交尾し（日本栽培漁業協会，2000），春に12℃で出産する（清水・八幡，1991）ことから，本種ではこれらの水温帯が生物学的に重要な鍵となっている。飼育水槽には，加温が可能な10kL水槽（RC製）をそれぞれの試験区について1槽ずつ用いた。各水槽には200尾の供試魚を収容した。餌には市販の配合飼料（ハマチソフトドライ，坂本飼料製）を用いて，1週間に3回飽食するまで給餌した。

宮古センターにおけるクロソイの出産は，概ね5～6月に観察される（日本栽培漁業協会，2003a）ため，年齢を加える起算月は5月とした。

成熟率およびGSI　本種の生殖腺体指数（GSI）は，雌では出産期の5月，雄では交尾期の11月にそれぞれ最大値を示す（第2章第2節）。このため，毎年5月および11月には，雌雄合わせて30尾の供試魚を各水槽から取り揚げて，体重，生殖腺重量を測定し，併せて生殖腺から成熟状態を観察した。雌雄は，摘出した生殖腺を目視で観察して判別した。また，卵巣卵が明瞭に確認できる雌，および精液を放出した雄を，それぞれ成熟個体と判断した。成熟個体数が調査個体数に占める割合（%）をここでは成熟率と定義した。GSIは以下の式を用いて算出した。

GSI＝生殖腺重量(g)/体重(g)×100

全長の測定　全長は成熟率およびGSIを観察した5月および11月には30尾を，それ以外の月には50尾について無作為に測定した。この50尾については測定後に飼育水槽に戻して飼育を継続した。

成長率　ある月の平均全長を1カ月前の平均全長で除した値を月間成長率と称し，以下の式により算出した。

月間成長率(%)＝((全長の平均値/前月の全長の平均値)－1)×100

交尾と出産の確認　交尾の前兆は，毎年11月中旬に水温約15℃で雄が雌を追尾することで把握できる（日本栽培漁業協会，2000）。従って，交尾が終了する12月に5尾ずつの雌を取り揚げ，カニュレーションにより得られた卵巣腔液を光学顕微鏡下（Nikon製，Lobophot-2：400倍）で観察し，精子の有無から交尾を確認した。出産は，飼育水槽から排出される海水を200Lポリエチレン水槽内に設置した網（40目：オープニング526 μm，30×30×60 cm）に受けて，仔魚の出現状況から確認した。

統計処理　試験区間の全長，GSI等の平均値の差をKruskal-Wallis testを用いて検定した。差が認められた場合にはScheffeの*F*-testを用いて多重比較を行った($P<0.05$)。同一試験区内の雌雄間の平均値の差は，Mann-Whitneyの*U*-testを用いて検定した。検定における有意差の基準を$P<0.05$とした。

結　果

水温　各試験区の最低水温は，対照区では毎年2月に4～6℃，12℃区では毎年12月から翌年の4月の間に12℃，15℃区では毎年11月から翌年の5月の間に15℃を示した。最高水温はすべての試験区で毎年9月に22～24℃を示した（Fig. 1）。試験開始から終了までの各試験区の水温の平均値（±SD）は，対照区では12.3（5.0）℃，12℃では14.3（3.3）℃，15℃区では16.2（2.2）℃となり，対照区に比べて12℃区は約2℃，15℃区は約4℃高い値を示した。

成長　試験開始直後の生後7～9カ月では，試験区間の全長に有意差は認められなかった。しかし，10～15カ月ではすべての試験区間の全長に有意差が認められ，15℃区が最も大きく，12℃区，対照区の順であった（Fig. 2）。16～26カ月では対照区と15℃区の全長に有意差が認められ，若干の月で対照区と12℃区，12℃区と15℃区の間に有意差が認められた。27～33カ月では，すべての試験区間に有意差が認められなくなった。それ以降は対照区と12℃区，12℃区と15℃区の間に有

意差が認められる月もあったが，この間の対照区と15℃区の間には有意差がまったく認められなかった。

成長率　成長率を6カ月ごとに集計した値を試験区ごとに示した（Fig. 3)。生後7～12カ月までは有意差が認められなかったものの，15℃区，12℃区，対照区の順で高い成長率が示された。しかし，生後13～18カ月では，成長率は対照区，12℃区，15℃区の順で高く，生後7～12カ月とは異なった結果となった。19カ月以降では，すべての試験区でほぼ同じ成長率であり，顕著な差は認められなかった。

雌雄別の成長　雌雄の全長の推移を Fig. 4に示した。雄では，3.5歳の対照区と15℃区，12℃区と15℃区の間に有意差が認められた。これに対し，雌では1.5歳から2.5歳までの対照区と15℃区，3.5歳の対照区と12℃区，12℃区と15℃区，4歳時の12℃区15℃区の間で有意差が認められた。一方，同一水温下では，対照区で2.5歳，12℃区で2歳，15℃区で1.5歳から雌が有意に大きく，水温の高い区ほど早い年齢から雌雄間の差が明瞭になった。

GSI 値　雄の GSI 値は，1.5歳の12℃区および15℃区で0.03～0.08と僅かに増加したが，対照区では変化は認められなかった（Fig. 5)。2.5歳ではすべての試験区で0.5～0.7，さらに3.5歳では0.8～1.0となり，大幅な増加が認められた。しかし，試験区間の GSI 値には有意差は認められなかった。

雌の GSI 値は，2歳まで変化が認められなかったが，3歳では0.3～0.5，4歳では0.9～1.6となり，すべての試験区で加齢に伴い増加した。試験区間の GSI 値は3.0歳まで有意差が認められなかったが，4歳では15℃区が対照区および12℃区に比べて有意に高い値を示した。

成熟率　雄の成熟では GSI 値と同様の傾向を示し，1.5歳の12℃区と15℃区で成熟率が6.3～8.7％と僅かに上昇傾向であったが，対照区では0％であった（Fig. 5)。2.5歳および3.5歳では，すべての試験区で成熟個体が認められ，成熟率は2.5歳では77.8～100％，3.5歳ではすべての試験区で100％であった。

雌の成熟についても GSI 値と同様の傾向を示し，各年齢の成熟率は2歳では0％であった。しかし，3歳ではすべての試験区に成熟個体が認められ，成熟率は50～70％，4歳ではすべての試験区で100％となった。

交尾と出産　すべての雌が成熟した4歳時に卵巣内の精子の有無を調べた結果，対照区および15℃区ではすべての個体に，12℃区では5尾中4尾の個体にそれぞれ精子が観察された。出産は3歳および4歳の5月に対照区および12℃区で認められたが，15℃区では未受精卵のみが放出され，仔魚は認められなかった。

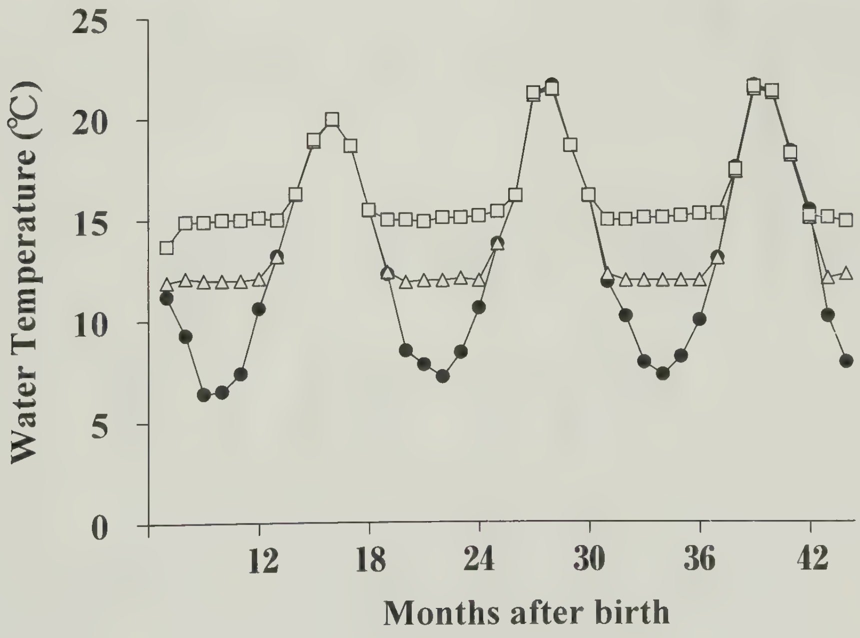


Fig. 1 Monthly changes of the rearing water temperature. Closed circles indicate control, open triangles 12℃ and open squares 15℃ during winter.

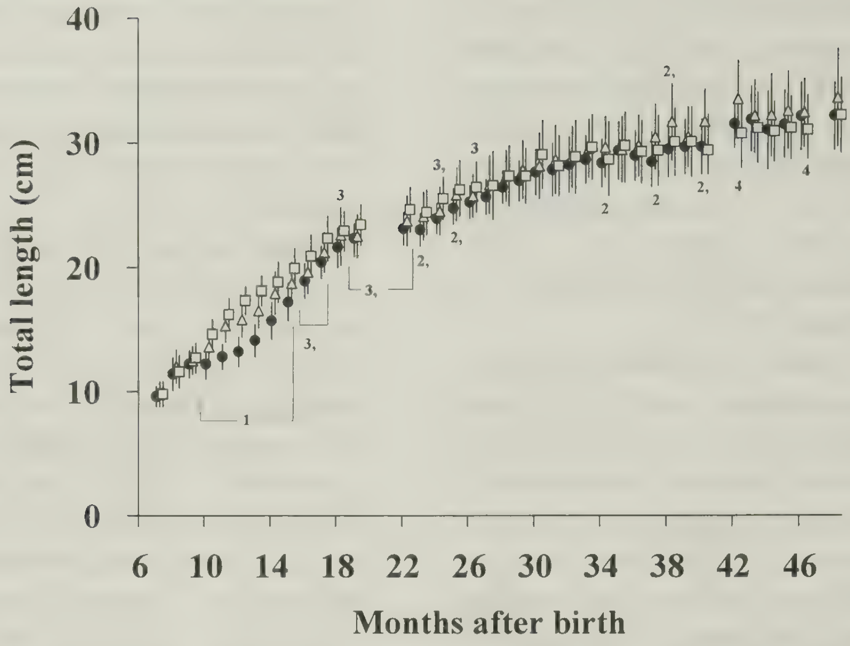


Fig. 2 Growth in total length of black rockfish. Closed circles indicate control, opentriangles 12℃ and open squares 15℃ rearing groups. Vertical bars indicate S. D. of the mean. 1; Total lengths were significantly different ($P<0.05$) among 3 experimental groups during the shown period. 2; Significant differences ($P<0.05$) were observed between control and 12℃. 3; Significant differences ($P<0.05$) were observed between control and 15℃. 4; Significant differences ($P<0.05$) were observed between 12℃ and 15℃.

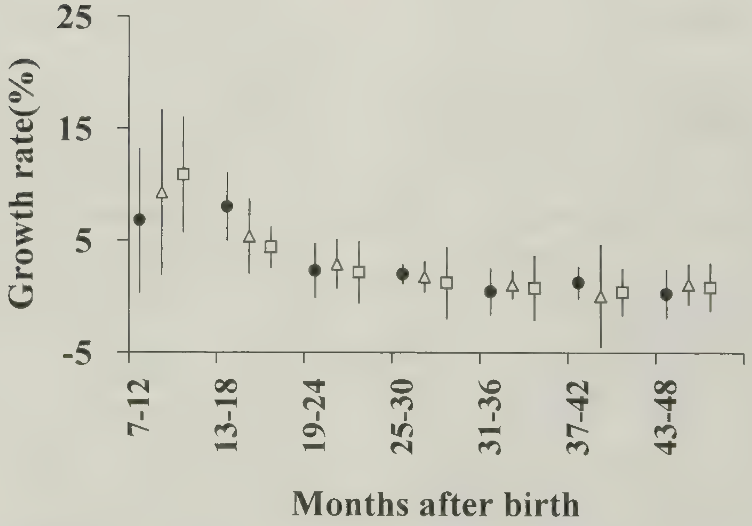


Fig. 3 Monthly changes of the growth rate in black rockfish. Closed circles indicate control, open triangles 12 ℃ and the open squares 15℃ rearing groups. Vertical bars indicate S. D.

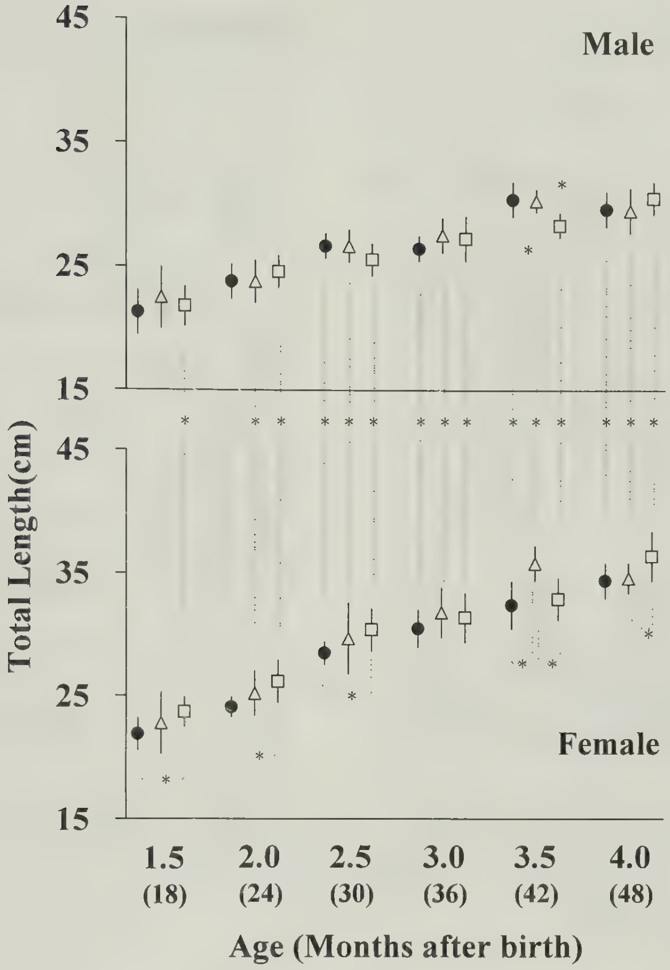


Fig. 4 Relationship between age and total length of female and male in the black rockfish. Closed circles indicate control, open triangles 12℃ and open squares 15℃ rearing groups. Vertical bars indicate S. D. Asterisks indicate significant difference between each experimental group.

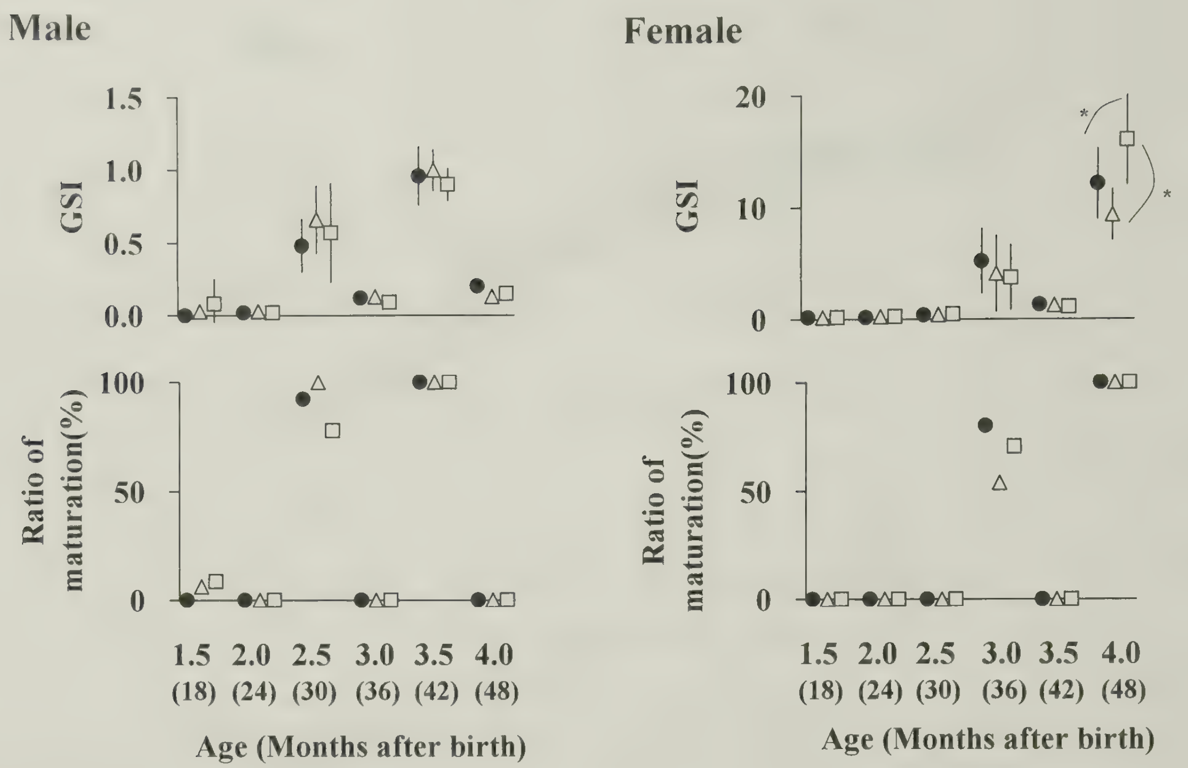


Fig. 5 Relationship between age, gonad somatic index (GSI) and ratio of maturation in female and male black rockfish. Closed circles indicate control, open triangles 12℃ and open squares 15℃ rearing groups. Vertical bars indicate S. D. Asterisks indicate significant difference between each experimental group.

考　　察

水温がクロソイの成長に与える影響　生後10～15カ月までの全長には，すべての試験区間に有意差が認められ（Fig. 2），クロソイでは飼育水温が成長に影響を与えることが明らかになった。しかし，生後16カ月以降では次第に各試験区の差が小さくなる傾向が観察され，2歳を過ぎると明瞭な全長差は認められなくなった。これは1歳前半の成長速度がそれ以前とは逆に低水温区ほど高く，さらに1歳後半以降は水温間に成長速度の差が認められなくなったからである（Fig. 3）。魚類の成長速度は，水温のほかに光周期（Thrush *et al.*, 1994；Duncan *et al.*, 1999；Bromage *et al.*, 2001），飼育密度（McClain, 1995；Jarboe and Romaire, 1995），遺伝（Glebe and Saunders, 1986；Ritter *et al.*, 1986）の影響を受けることが知られている。しかし，本研究では同じ親魚群から得られた稚魚を用い，光周期や飼育密度は同一条件下で実施されており，これらの要因の影響はほとんど考えられない。魚類では，給餌を制限した後に再び餌を与えると通常より著しく高い成長を示す，いわゆる補償成長が報告されている（Miglavs and Jobling, 1989；Jobling *et al.*, 1994）。本研究では，すべての試験区で飽食量が与えられていることから，直接的な給餌制限を行ったわけではない。ニジマス *Salmo gairneri* では，低い水温を経験した後に，水温の上昇とともに補償成長を示すことが報告されている（Dobson and Holmes, 1984）。これは低水温によって間接的な給餌制限を受けた後，水温の上昇とともに摂餌が活発になり，低水温を経験しなかった個体よりも高い成長を示した例である。クロソイにおいても低水温を経験した区ほど高水温期（13～18カ月）に高い成長を示したのは，本種についてもニジマスと同様の補償成長のメカニズムが働いた可能性を示唆している。

今回の試験では，雄の成長と水温との間に一定の傾向は見られず，3.5歳を除いて各試験水温区間の全長に有意差は認められなかった。一方，雌では2.5歳までは全長において対照区＜12℃区＜15℃区の傾向が認められた（Fig. 4）。3歳以降，この傾向が明瞭でなくなった理由として，成熟の影響が考えられるが，具体

的な機構は不明である。また，雄の成長速度は水温に対応しなかったのに対して，雌では高水温ほど高成長であったことから，高水温区ほど早い年齢から雌雄間の全長差が明瞭になったと考えられる。

佐々木ら（2004）は，北海道海域で漁獲されたクロソイについて，雌雄間の成長差を報告しているが，宮城県海域では雌雄間の全長の差は認められていない（酒井ら，1990）。天然魚における雌雄の成長差については，海域ごとの環境特性を含め，さらに詳細に調べる必要がある。

以上述べてきたように，クロソイの親魚養成において最低水温を12℃あるいは15℃に維持しても，成長の促進効果は概ね2歳までであることから，加温飼育の効果は低いと判断された。

水温がクロソイの成熟に与える影響　成熟年齢を決定するメカニズムは，生物学的要因および環境条件によって影響を受けることが知られている（Glebe and Saunders，1986；Ritter *et al.*, 1986；Chadwick *et al.*, 1986；Duncan *et al.*, 2002）。アマゴ *Oncorhynchus masou* では，冬季の水温を高めることで，初回成熟の年齢が早期化することが報告されている（新間・北村，1987）。天然海域におけるクロソイの初回成熟は，雄では2歳，雌では3歳とされている（佐々木，1979）。今回加温した12℃および15℃区では，1.5歳の雄に僅かな成熟個体が出現したが（Fig. 5），雌の成熟はすべての試験区で3歳からであった（Fig. 5）。従って，本研究で設定した水温の範囲内では，冬季の加温に成熟を促進する効果はほとんどないと判断された。

15℃区では交尾が確認されたにもかかわらず，出産期に未受精卵のみが放出され，出産は認められなかった。クロソイにおける未受精卵の放出は，これまで未交尾に起因すると推察されてきた（第2章第3節）。一方，Mori *et al.*（2003）は，宮古センターにおけるクロソイ雄の生殖年周期の観察結果から，8月から10月に精細胞および精子が増加することを報告した。本研究における8月から10月の期間は，すべての試験区で同じ水温で推移しているのに加えて，交尾期（11月）の水温は約15℃であった（日本栽培漁業協会，2000）。このことから，最低水温を15℃に設定したことで，雄の成熟に支障を与えたとは考えにくい。従って，今回観察された未受精卵の放出の要因としては，雄の成熟状態の影響より，交尾後に雌体内の精子や卵の成熟，授精および出産に水温が影響したことが考えられる。すなわち，健全な仔魚を得るためには，冬季にある程度の低水温を経験する必要があることが明らかになった。

このように水温は，クロソイの成熟だけでなく，それに至るまでの成長など多面的に影響を及ぼしている。今後水温管理については，効率的な親魚養成技術の確立だけでなく，養殖等への応用も含めた技術の高度化を進める必要がある。

第2節　生殖年周期

前節ではクロソイの成長と成熟に関して述べたが，成熟年齢に達すると，一般的に生物は毎年種ごとに決まった時期に繁殖期を迎え，周期的な繰り返しを行う。この情報を得ることはただ単に生物学的知見にとどまらず，親魚養成技術を確立するためには最も重要であり，これを基に親魚管理をする必要があると考える。しかし，クロソイではこれらの知見は乏しい。

そこで本研究では，飼育下におけるクロソイ雌雄の生殖年周期を明らかにすることを目的とした。

試料と方法

供試魚　本試験に用いたクロソイは，宮古センターで種苗生産され，120kL 水槽で飼育された7～9歳の雌雄（雌の全長31.8～40.6 cm，体重0.63～2.83 kg，雄の全長27.1～36.0 cm，体重0.58～1.27 kg）を，1997年12月から1998年11月までの間ほぼ月に1回，雌雄ともに5尾ずつ採集した。採集後には全長および体重を測定した。次いで生殖腺を摘出し，重量を測定して生殖腺体指数（GSI＝生殖腺重量／体重×100）を求めた。また雌については肝臓重量を測定し，肝量指数（HSI＝肝臓重量／体重×100）を求めた。なお，11月から3月までは，雌魚を解剖する前に卵巣腔液を生殖口からカニュレーションにより採取して，光学顕微鏡により精子の有無を調べた。

組織学的観察　生殖腺の一部を Bouin 氏液で固定し，パラフィン法により組織標本を作成した。これに Delafield のヘマキシリン–エオシンの2重染色を施し，光学顕微鏡観察に供した。残りの卵巣の一部はホルマリンで固定した後，発達中と思われる大型の卵母細胞について直径を測定した。

統計処理　2群間の平均値の差の場合には，Mann-Whitney の *U*-test を用いて検定した。3群以上の場合には Kruskal-Wallis test を用いて検定した。差が認められた場合には Scheffe の *F*-test を用いて多重比較を行った。検定における有意差の基準を $P<0.05$ とした。

結　果

雌の生殖周期

生殖腺体指数および肝量指数　雌の GSI (Fig. 6) は採集を開始した12月 (3.6±0.3 %) から増加し始め，妊娠が確認された 4 月 (31.3±3.5 %) 以降も増加し，出産前の 5 月に最高値 (42.5±4.1 %) を示した。その後，出産に伴い 6 月には急激に減少し (1.8±0.1 %)，7 月から12月にかけては1.1～1.8 % と低い値で推移した。雌の HSI (Fig. 6) は12月から 3 月までは2.2～2.4 % と高い値で推移し，妊娠中に有意に減少して，出産前の 5 月には最低値 (1.2±0.1 %) を示した。その後，6 月には再び有意な増加を示し，7 月から10月までは1.3～1.8 % で推移し，11月にはさらに増加した (1.9±0.1 %)。

卵母細胞の形態的特徴　本研究ではクロソイ卵母細胞の発達段階をエゾメバルの卵母細胞の分類 (Takemura *et al.*, 1987) に準じて 8 段階に分類した。各発達段階の特徴を以下に示した。なお，卵母細胞の直径は組織切片で測定した値である。

染色仁期：直径約13 μm。細胞質は極めて少なく，細胞の大部分を占める核内には大型の仁が 1 個存在する。

周辺仁前期：直径30～60 μm。細胞質は薄く，ヘマトキシリンに好染する。核内には核膜に沿って数個の仁が不規則に分布する。

周辺仁後期：直径50～130 μm。細胞質のヘマトキシリンに対する染色性が前期に比べて低下する。核と細胞質は共に前期より増大し，ヘマトキシリンに一様に染まるようになる。仁は前期より目立たなくなる。

油球期：直径110～270 μm。細胞質のヘマトキシリンに対する染色性は，周辺仁期と比べ著しく低下する。核と卵母細胞周縁部の中間付近の細胞質中には，パラフィン切片では空胞状を呈し，オスミウム酸固定したエポン切片では褐色に薄染される油球が多数見られる。

第一次卵黄球期：直径260～450 μm。細胞質の周縁部にエオシン陽性の卵黄球が出現するが，まだ細胞質全体を満たしていない。核を取り巻く細胞質の外側には様々な大きさの油球が見られる。この時期の細胞質中には卵黄胞 (表層胞) とみなされる PAS 陽性の顆粒 (直径 3 ～ 5 μm) が散在する。卵膜は PAS 陽性を示し，厚さ約 1 μm である。

第二次卵黄球期：直径420～610 μm。卵黄球は細胞質全体を満たし，その後も蓄積を続ける。油球も細胞質全体に分布するようになる。PAS 陽性の顆粒はこの時期にも認められる。卵膜の厚さは 2 μm となる。

第 3 次卵黄球期：直径590～950 μm。卵黄球の蓄積

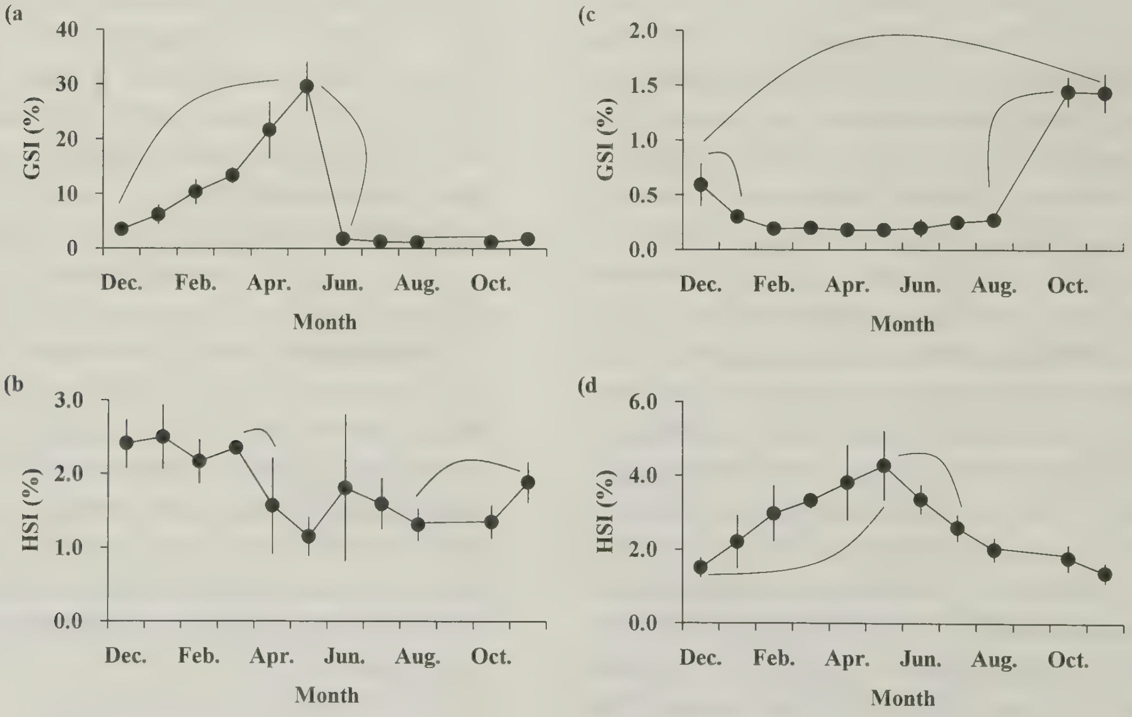


Fig. 6 Annual changes in gonadosomatic index (GSI) and hepatosomatic index (HIS) of female and male black rockfish. (a) female GSI; (b) female HIS; (c) male GSI; (d) male HIS. *Significantly different from each other. n=5 in each sampling.

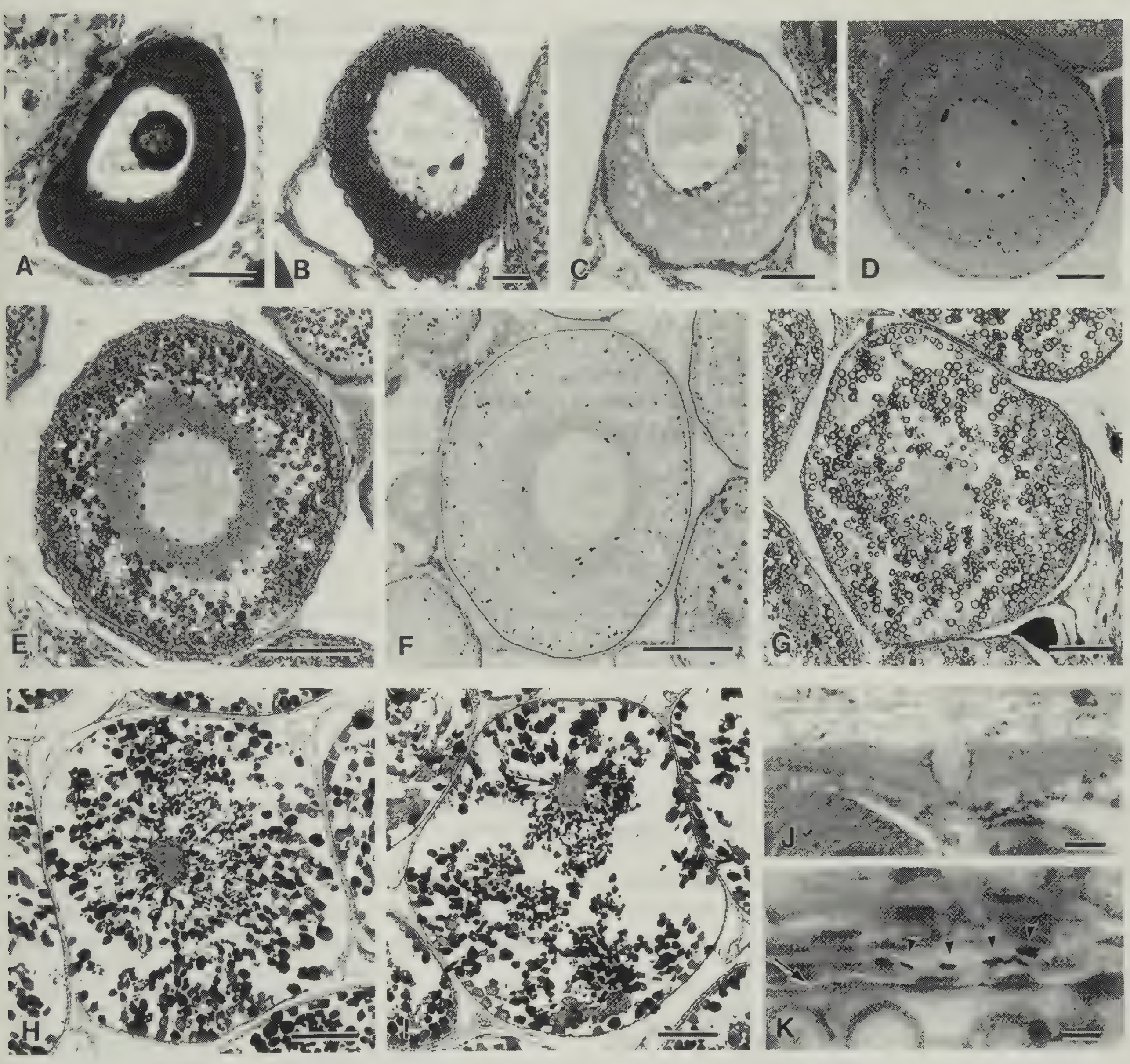


Fig. 7 Histological observations of oocytes in black rockfish. (a) early peri-nucleolus stage (bar=10 μm); (b) late peri-nucleolus stage (bar=20 μm); (c) oil droplet stage (bar=50 μm); (d) oil droplet stage (bar=50 μm). Epoxy section with toluidine blue staining; (e) primary yolk globule stage (bar=50 μm); (f) primary yolk globule stage (bar=50 μm). Periodic acid-Schiff (PAS) staining; (g) secondary yolk globule stage (bar=100 μm); (h) tertiary yolk globule stage (bar=200 μm); (i) migratory nucleus stage (bar=200 μm). Arrow indicates nucleus; (j) micropyle apparatus in migratory nucleus stage oocyte (bar=5 μm); (k) sperm (arrowheads) in the ovary in Febuary. A long arrow indicates chorine (bar=5 μm).

Table 1. Monthry changes of each stage of oocytes and embryos in black rockfish

Month	Stage							
	EPN	LPN	OD	PYG	SYG	TYG	MN	EMB
Dec.	+	+	+	+	+			
	+	+	+	+	+			
	+	+	+	+	+			
	+	+		+	+			
	+	+		+	+			
Jan.	+	+		+	+			
	+	+		+	+			
	+	+		+	+			
	+	+			+			
	+	+			+			
Feb.	+	+			+	+		
	+	+			+	+		
	+	+				+		
	+	+				+		
	+	+				+		
Mar.	+	+				+		
	+	+				+		
	+	+				+	+	
	+	+				+	+	
	+	+				+	+	
Apr.	+	+				+	+	
	+	+						+
	+	+						+
	+	+						+
May	+	+						+
	+	+						+
	+	+						+
	+	+						+
	+	+						+
Jun.	+	+						
	+	+	+					
	+	+	+					
	+	+	+					
	+	+	+					
Aug.	+	+	+					
	+	+	+					
	+	+	+					
	+	+	+					
	+	+	+					
Oct.	+	+	+					
	+	+	+					
	+	+	+					
	+	+	+					
	+	+	+					
Nov.	+	+	+	+				
	+	+	+	+				
	+	+	+	+				
	+	+	+	+				
	+	+	+	+				

Existence in each ovary indicated by mark +. EPN, early peri-nucleolus stage; LPN, late peri-nucleolus stage; OD, oil droplet stage; PYG, primary yolk globule stage; SYG, second-ary yolk globule stage; TYG, tertiary yolk globule stage; MN, migratory nucleus stage; EMB, developing embryos.

により細胞は著しく大型化する。個々の卵黄球は前の時期より大型化し，均質な構造をとるようになる。PAS 陽性の顆粒は識別できなくなる。卵膜の厚さは3.5 μm となる。

核移動期：直径920～1040 μm。中心に位置していた核が動物極に移動する。卵黄球は植物極側から融合し始め，やがてエオシンに好染する１つの卵黄塊となる。卵膜の厚さは変わらず約3.5 μm である。動物極側の卵膜には卵門が観察される。卵門部の卵膜は厚さが7.4 μm と他に比べて厚く，卵門の開口部の直径は約4.5 μm で，卵原形質に近づくにつれて急激に狭くなる。

卵巣内の精子の貯留形態　飼育水槽内で追尾行動が見られた11月および12月には，卵巣腔液中に精子が遊泳しているのが観察されたが，12月の切片組織からは精子は確認できなかった。一方，１月から３月にかけては採集時に卵巣腔液を採取しても，その中に精子を確認することはできなかった。しかし，この時期の組織切片を観察したところ，精子が濾胞を形成する顆粒膜細胞と莢膜細胞との間に侵入しているような像が頻繁に見られた（Fig. 7）。

卵巣組織の周年変化　各月に採集した５個体について，卵巣内での各発達段階の卵母細胞および胚の有無を調べた（Table 1）。ただし染色仁期の卵母細胞は小さく，数を正確に把握することが困難であったため，対象からは除外した。

周辺仁前期および周辺仁後期の卵母細胞は，１年を通じてすべての個体の卵巣内で確認された。各月における発達中の卵母細胞について見ると，12月には，油球期の卵母細胞が５個体中２個体で見られ，第１次および第２次卵黄球期の卵母細胞が全個体で観察された。１月になると，油球期および第１次卵黄球期の卵母細胞は見られなくなり，ほとんどが第２次卵黄球期となった。２月になると第２次卵黄球期の卵母細胞もわずか２個体でのみ観察されるだけとなり，代わって第３次卵黄球期の卵母細胞が全個体で確認された。３月には，第３次卵黄球期の卵母細胞が全個体で確認され，さらに核移動期の卵母細胞が５個体中３個体で見られた。

４月には，５個体中３個体で胚が確認され，妊娠の開始が示された。１個体では排卵されていない第３次卵黄球期および核移動期の卵母細胞が確認され，残りの１個体は排卵異常（一部の卵のみが排卵され発生）であった。５月には卵黄球期の卵母細胞は観察されず，４月に引き続いて発生中の胚が見られた。６月になると胚は見られなくなり，代わって油球期の卵母細胞が５個体中４個体で確認された。８月および10月には油球期の卵母細胞が全個体で確認された。11月になると油球期の卵母細胞に加え，第１次卵黄球期の卵母細胞が全個体で確認された。

卵胞径の周年変化　個体ごとの発達中の卵胞の直径の平均を調べ，それを基に各月の平均を求めた（Fig. 8）。卵胞の直径は12月には0.52 ± 0.03 mm であったものが，３月（1.25 ± 0.03 mm）まで直線的に増加した。その後，妊娠中の４月（1.36 ± 0.02 mm）にも有意に増加した。６月から９月までは，卵胞が小さすぎたために正確な卵径を測定することができなかった。10月には0.26 ± 0.01 mm の卵胞が識別されるよう

Table 2. Monthrly changes in frequency (%) of each stage of germ cells in the testis and appearance of sperm in the duct in male black rockfish

Month	n	Stage SG	SC	ST	SZ	Sperm in sperm duct
Dec.	5	-	9.8 ± 1.78	11.2 ± 2.13	79.0 ± 3.30	5
Jan.	5	0.4 ± 0.26	17.6 ± 3.68	32.9 ± 12.34	49.1 ± 14.75	5
Feb.	5	15.3 ± 15.3	51.3 ± 13.41	22.6 ± 6.55	10.8 ± 6.06	5
Mar.	5	57.8 ± 1.48	42.2 ± 1.48	-	-	5
Apr.	5	71.7 ± 7.09	28.3 ± 7.08	-	-	2
May	5	59.2 ±11.57	40.8 ± 11.57	-	-	0
Jun.	5	0.5 ±0.33	77.9 ± 9.62	16.6 ± 6.77	5.0 ± 4.16	0
Jul.	5		66.6 ± 5.92	16.1 ± 4.27	17.3 ± 2.70	3
Aug.	5		35.7 ± 3.47	18.5 ± 3.94	45.8 ± 5.74	4
Oct.	5		30.1 ± 30.16	13.8 ± 4.49	56.1 ± 2.57	5
Nov.	5		7.7 ± 1.18	6.6 ± 1.17	85.7 ± 2.07	5

SG, spermatogonia; SC, spermatocytes; ST, spermatids; SZ, spermatozoa. Mean ± SD.
*Numerals indicate the number of fish with spermatozoa in the sperm duct.

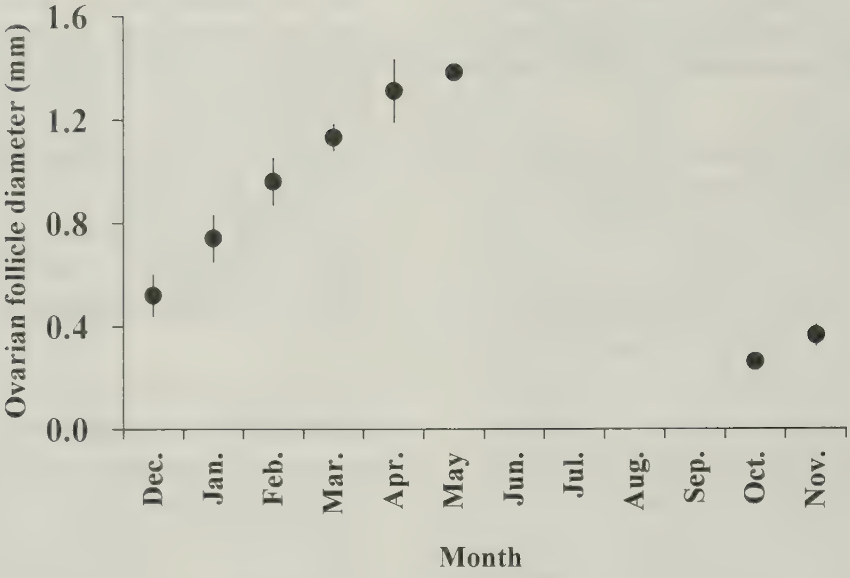


Fig. 8 Annual changes in oocyte follicle diameters in black rockfish. Each value is significantly different from those of adjoining months. *n*=5 in each sampling.

になり，卵黄形成が始まる11月には0.37±0.02 mm と増大した。

雄の生殖年周期

生殖腺体指数 雄の GSI の変化を Fig. 6に示した。GSI は12月（0.59±0.09 %）から1月（0.30±0.02 %）にかけて有意に減少し，7月（0.25±0.02 %）まで低い値で推移した。8月（0.27±0.02 %）以降急激に増加し，10月には最高値（1.44±0.06 %）をとり，11月まで高い値（1.43±0.08 %）で推移した。

精巣組織の周年変化 クロソイの精子形成過程における雄性生殖細胞の発達過程を精原細胞，精母細胞，精細胞，および精子の4段階に分け，各生殖細胞が精巣内で占める割合，および輸精管内の精子の有無を調べた（Table 2）。12月には精子が高い割合（71.7～88.9 %）で存在したほか，精母細胞および精細胞の包嚢も見られた。輸精管には精子が充満していた。1月は12月に比べ大きな変化は見られなかった。2月になると精子の割合が低下し（0～27.1 %），精原細胞の包嚢が著しく多い個体が出現した。3月には精細胞および精子は全く見られなくなり，全個体で精原細胞および精母細胞だけが見られた。輸精管には残留精子が見られた。4月および5月には3月と同様に精原細胞および精母細胞のみが見られた。しかし，輸精管に精子が見られない個体が現れ，5月には全個体で輸精管に精子が見られなくなった。6月には精原細胞の包嚢の割合が急激に減少し，代わって精母細胞が高い割合（49.3～100 %）で見られるようになり，3個体では精細胞および精子も見られた。7月から8月にかけては精母細胞の割合が減少し，すべての個体で精細胞および精子が見られた。また，輸精管に精子が見られる個体が出現した。10月には精子の割合が増加し（46.7～61.8 %），すべての個体で輸精管に精子が見られた。11月には精子の割合が急激に増加し（65.8～88.1 %），輸精管の精子による拡大が見られた。

考　察

雌の生殖周期 クロソイの雌の生殖腺体指数（GSI）は，12月から5月にかけて有意に増加した（Fig. 6）。この時期には活発な卵黄蓄積を行っていることが組織学的観察から確認され，卵径も直線的に増大していた（Fig. 7）。また，妊娠中の4月から5月にかけてもGSI は増加し，6月には出産により急激に減少した。その後，10月までは低い値で推移し，卵黄形成が開始する11月には再び増加傾向を示した。このように，本種の雌の GSI 値の変化は卵巣の成熟度をよく反映しているといえる。

雌の肝量指数（HSI）は，活発な卵黄蓄積を行っている12月から3月までは比較的高い値で推移したが，妊娠中の3月から5月にかけて HIS は有意に減少した（Fig. 6）。一般に胎生魚では妊娠中に母体の肝臓重量が減少し，これは母体から胎仔への栄養供給によると考えられている（Korsgaard and Petersen, 1979；Takahashi *et al.*, 1991；Koya *et al.*, 2000）。クロソイ

の属するメバル属は，原始的な卵黄栄養依存型の胎生様式をとると考えられてきたが（Wourms, 1981），最近の研究では今まで考えられてきた以上に栄養的に母体へ依存している可能性が示されている（Boehlert and Yoklavich, 1984；Boehlert *et al.*, 1986；竹村，1989)。従って，本研究で妊娠中にクロソイのHSIが減少したのも，肝臓に蓄えた栄養分を胚への栄養供給のために消費したことに由来する可能性が考えられる。

今回の研究では，油球期の卵母細胞は6月に見られ始め，8月にはすべての個体で観察されるようになった（Table 1)。11月には卵黄球期の卵母細胞が見られ始め，卵黄形成の進行と共に油球期の見られる個体数は減少し，1月には全く見られなくなった。その後，卵黄球期の卵母細胞は一群となって成長し，核移動期へ至った。また発達中の卵胞の直径を調べた結果，各月の卵径は比較的均一であり，卵黄蓄積とともに直線的に増大した。従って，本種は発達中の卵群が一群となって卵黄蓄積を行い，排卵される，卵群同期発達型の様式（高野，1987）をとるといえる。また，胚発生が個体ごとに同期的に起きたことから，本種では妊娠と出産が1年に1回起きるといえる。以上のような卵発達および出産様式はメバル属に共通した特徴である。

本研究では，1月から3月の組織切片で，精子が濾胞を形成する顆粒膜細胞と莢膜細胞との間に侵入しているような像が見られた。エゾメバル *Sebastes taczanowskii* では，卵巣内に送り込まれた精子は卵母細胞間の卵巣腔液が存在すると思われる部位に散在し，卵巣内に特定の精子貯留部位は確認されていない（Takemura *et al.*, 1987)。一方，この種の卵巣内精子を電顕観察したところ，卵巣腔内に遊離した状態で存在するものも見られたが，多くは卵巣薄板上皮に接するか，この細胞の表面に伸びる微繊毛で補足された状態で貯留されているのが確認されている（林，1990)。フサカサゴ科ユメカサゴ属の *Helicolenus dactylopterus dactylopterus* では，卵巣薄板基部の結合組織の隙間に精子を貯留するためのポケット状の組織が存在するという（Muñoz *et al.*, 1999)。このように同じフサカサゴ科胎生魚でも精子の貯留形態は種によって異なるようである。

クロソイでは，追尾行動が見られた11月および12月には，卵巣腔液中に精子が遊泳しているのが確認されたが，この時期の組織切片からは精子は確認できなかった。これは組織標本作成の過程で，卵巣腔に浮遊状態で存在していた精子が流出したためと思われる。従って，クロソイでは卵巣内に侵入した精子は，初期には隙間の広い卵巣腔に分布し，その後濾胞層内に侵入して貯留されることが示唆された。このように，精子貯留部位が時期とともに移り変わることはメバル属では初めての観察例である。

本研究により，クロソイ雌の生殖周期は以下の5期に分けられた。

卵黄形成開始・交尾期（11～12月)：油球期の卵母細胞は卵黄蓄積を開始する。この時期に交尾が行われ，卵巣に送り込まれた精子は卵巣腔へと侵入していく。

卵黄形成盛期（1～3月)：卵母細胞は除々に卵黄を蓄積し，これに伴い卵径は直線的な増大示す。精子は卵巣腔から濾胞層内へと侵入して行く。

妊娠期（4～5月)：成熟し排卵された卵は，卵巣内に貯留された精子によって受精し，卵巣腔内で胚発生が進行する。この期間にも卵巣重量は増大し続ける。

出産期（6月)：卵巣内で発達した胚はやがて孵化して出産される。

回復期（7～10月)：周辺仁期から油球期への移行が見られる。卵黄蓄積はまだ起きていない。

Takahashi *et al.* (1991）は，メバル属胎生魚の卵黄形成期の長さが種ごとに著しく異なっていることを指摘している。暖海性のカサゴでは卵黄形成が約1カ月で終了し，交尾から受精までの期間が短い（水江，1959）のに対して，寒海性のエゾメバルでは，卵黄蓄積の開始から最終成熟まで約6カ月にもおよぶ（Takemura *et al.*, 1987)。エゾメバルより北方に生息する *Sebastes marinus* では卵黄形成期が7～9カ月とさらに長くなる（Sorokin, 1961)。本研究の結果，クロソイでは卵黄蓄積の開始から最終成熟まで約5カ月を要し，同緯度に生息するエゾメバルと類似した生殖周期を持っていた。

雄の生殖周期　クロソイ雄のGSIは12月から1月まで有意に減少した（Fig. 6)。この時期は組織学的観察から機能的な成熟期の終了期にあたり，精子を排出したためにGSIが減少したと考えられた。その後GSIは低い値で推移し，8月から10月にかけて有意な増加を見せた。この時期は活発な精子形成が行われている時期であり，GSIの増加は減数分裂によると考えられた。その後，GSIは11月まで高い値で推移した。雌の卵巣内には，この時期から精子が見られるようになったことから，この時期に交尾が行われると考えられた。このように本種雄のGSIの変化は，精巣の成熟度をよく反映しているといえる。

本研究によりクロソイ雄の生殖周期は以下の5期に分けられた。

精原細胞増殖期（3～5月)：分裂増殖した精原細胞が50％以上を占める。

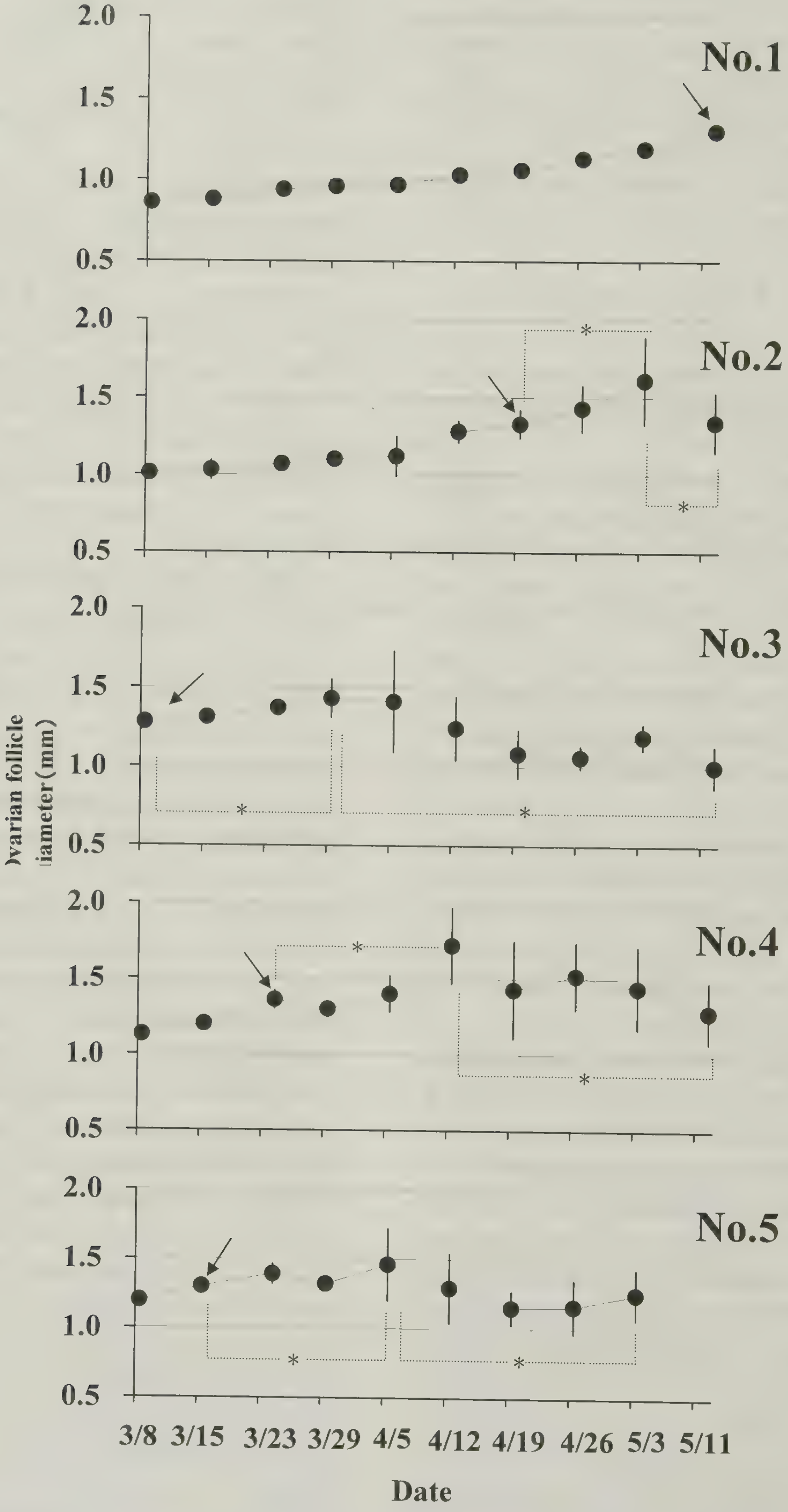


Fig. 9 Changes in oocyte follicle diameters in black rockfish. Vertical bars indicate S. D. of the mean. Asterisks indicate significant difference between each other. Arrows indicate observed date of ovulation.

精子形成前期（6～7月）：精原細胞の包嚢が占める割合は急激に減少し，精母細胞が50％以上を占める。精細胞および精子も見られるようになる。

精子形成後期（8～10月）：精母細胞の占める割合は減少し，精細胞および精子の占める割合が増加する。この時期にGSIは急増する。

機能的繁殖期（11～12月）：精子の占める割合が70％を超える。輸精管内には精子が充満する。

回復期（1～2月）：精細胞および精子の包嚢の占める割合が減少し，精原細胞が見られるものも出現する。輸精管には残留精子が多数存在する。

本種と同じフサカサゴ科に属するメバルおよびカサゴには精原細胞の増殖を起こさない休止期が繁殖終了後およそ7カ月にわたって存在し，精子形成は4～5カ月の短期間で行われる（水江，1958）。一方，エゾメバル，キチジ *Sebastolobus macrochir*，および *Helicolenus dactylopterus* では精子形成休止期間はなく，周年を通じて各ステージの生殖細胞が観察される（五十嵐，1968；古屋ら，1994；Muñoz *et al.*, 1999）。今回の研究結果から，クロソイの精巣成熟過程はエゾメバルなどと類似しており，精子形成休止期を持たず，精子形成期がかなり長期におよぶことが明らかとなった。これはエゾメバルやクロソイなど冷水域に棲息する魚種の特徴である可能性が考えられる。

第3節　交尾，胚発生および出産

1．交尾をしていない雌親魚の出産

第2節では雌雄の生殖年周期について述べてきた。しかし，本種の繁殖を成功させるためには，卵生魚には見られない胎生魚に特有な交尾というイベントがある。この交尾が成功しないと雌体内における卵はどのようになるのであろうか。

一方，本種の親魚養成技術の問題点の1つとして，親魚が出産期に未受精卵を放出する，いわゆる異常出産が報告され（秋田県，1977），宮古センターにおいても出産期の5～6月に毎年数例が確認されている（日本栽培漁業協会，1984）。同様の現象は他種のメバルについても報告されている（相田ら，1999）。親魚が出産期に卵で放出する要因としては，正常な交尾ができなかったことが推測されることから，この現象を実験的に検証する目的で，交尾期の前から雄親魚を除いて雌親魚だけで単独に飼育し，交尾ができない条件を設定した。また，カニュレーションを用いて，各供試魚の卵巣卵径の変化を追跡するとともに，出産期に未受精の卵が放出されるか否かを調べた。

試料と方法

試験には，出産経験を有し背部筋肉中にピットタグ（AVID: Power Tracker Ⅱ）を挿入して個体識別した養成7歳の雌親魚5尾（平均全長±標準偏差は48.9±2.1 cm，平均体重±標準偏差は2.6±0.3 kg）を用いた。飼育試験は，1998年の交尾期前の7月から1999年の出産期の6月まで1 kL円型ポリエチレン（黒色）水槽1面に収容して行った。試験期間中は自然水温条件下（6～24℃）で飼育し，冷凍アジを1週間に3回適宜給餌した。卵巣卵の観察と卵巣卵径の測定のため，カニュレーションを用いて，1999年3月8日から5月11日まで約1週間間隔で個体ごとに卵巣卵の一部を採取した。カニュレーションには，シリンジ（容量10 mL）に先端を鋭角に切断した約10 cmのシリコンチューブ（外径5 mm，内径3 mm）を装着したものを用いた。得られた卵巣卵は，濾過海水を入れたシャーレに移し，30粒の卵径を万能投影機（Nikon, V12）により測定して平均値（以下，平均卵径）を求めた。平均卵径の差をTukey-Kramer testにより検定した（$P<0.05$）。

結　果

卵径の測定を開始した1999年3月8日には，既に親魚1尾（No.3）が透明化した未受精成熟卵（草刈，1995）を有し，平均卵径は1.28 mmであった。他の4尾はすべて未成熟卵を有し，平均卵径は0.86～1.20 mmであった。その後，それぞれの親魚で排卵が確認され，排卵日と平均卵径はNo.1では5月11日に1.30 mm，No.2では4月12日に1.28 mm，No.4では3月23日に1.36 mm，No.5では3月15日に1.30 mmであった（Fig. 9）。これは草刈（1995）が報告している排卵時の卵径（1.20～1.30 mm）とほぼ同じ結果であった。卵径は排卵後にも有意に増大し，試験期間中の各親魚における最大卵径は，No.1では5月11日に1.30 mm，No.2では5月3日に1.61 mm，No.3では3月29日に1.43 mm，No.4では4月12日に1.72 mm，No.5では4月5日に1.46 mmに達した（Fig. 9）。しかし，その後No.1を除いて減少傾向に転じた（Fig. 9）。5月11日から6月5日の間にすべての親魚が卵で放出し，その平均卵径は1.31（1.11～1.55）mmで排卵時の卵径に近い値まで減少していた。なお，同じ日に複数の親魚が卵を放出したため，個体ごとの卵径は測定できなかった。

考　　察

本試験の結果から，卵を放出する異常出産は，交尾ができないことが１つの要因であることが強く示唆された。本種の出産は年に１回なので，交尾をしていない親魚が多数存在すると，出産期には仔魚を得ることが困難になることが予想される。このため，交尾期の親魚管理には十分な給餌，水槽底面の汚れおよび交尾直前の移槽等のストレスを与えないような配慮が必要と考えられる。宮古センターにおける親魚は，周年，雌雄を同一水槽に収容して養成しているので，交尾の阻害要因としては外的要因によるストレス，雄親魚の機能低下あるいは過密飼育等の影響が考えられ，今後これらの要因についての検討が必要であろう。また，天然雌親魚を使って種苗生産を行う場合には，親魚の採集時期が交尾期より早いと，交尾をしていない可能性がある。このことから，天然親魚を利用する場合には，雄親魚と混養させるか，あるいはカニュレーションにより卵巣腔液を採取して，交尾が確認できた雌親魚のみを使う必要がある。

宮古センターで飼育しているクロソイ親魚は，11月に交尾し，４月に体内受精を経て５～６月に出産するという生殖年周期が明らかになった(第２章第２節)。これに合わせて，宮古センターでは交尾期を含む７月から２月には，雌雄を混合して大型水槽（RC100 kL）で飼育し，出産期を中心とした３～６月には，出産された仔魚を効率よく回収するため，雌のみを小型水槽（FRP10 kL）で飼育している。

小型水槽に収容する雌親魚は，腹部の張り具合等の目視観察によって選別しているが，受精時期以降であればカニュレーションを用いることで卵発生が進行していない親魚をあらかじめ選別することができ，正常な出産（仔魚での出産）が可能な親魚の占める割合を高めることも可能と考えられる。

一方，人工的な飼育下ではニシン *Clupea palasii*（尾花ら，1997），あるいはブリ *Seriola quinqueradiata*（椋田ら，1981）の親魚では産卵が正常に行われないと，退行卵として卵巣内に残留し，次回の産卵に支障を来すことが知られている。しかし，クロソイでは退行卵になって，そのまま卵巣内に貯留することは観察されず，体内で受精が行われないと体外に卵のまま放出することが明らかになった。

２．個体に固有な胚発生リズム

草刈（1995）はクロソイ胚の発生段階を詳しく研究し，水温条件が同じであれば，時間的に高い正確さを持って胚発生が進行することを報告した。すなわち，胚発生の初期に発生段階を調査すれば，出産日を予測できる可能性が示唆された。さらに，胚発生に個体ごとの固有なリズムが存在すれば，詳細な出産管理が可能になる。そこで，宮古センターで飼育しているクロソイ親魚を用いて，卵巣内の発生段階を同一個体について複数年にわたって調べ，個体ごとの胚発生リズムとその年周期性を検討した。

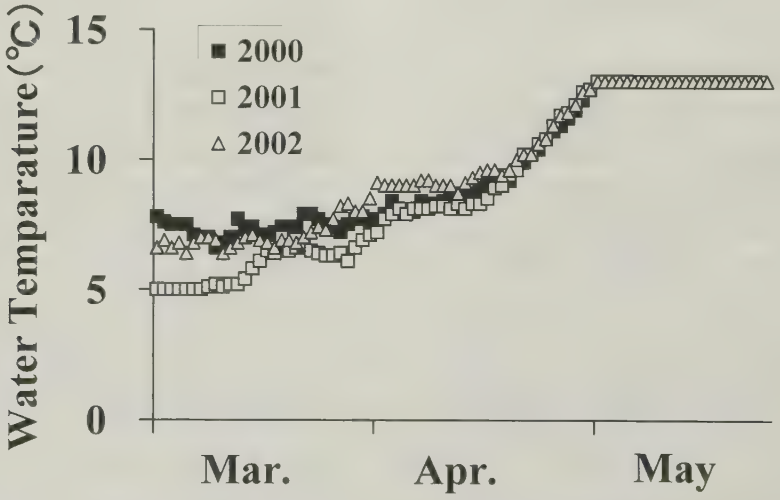


Fig. 10 Water temperature used for rearing of black rockfish broodstock in captivity.

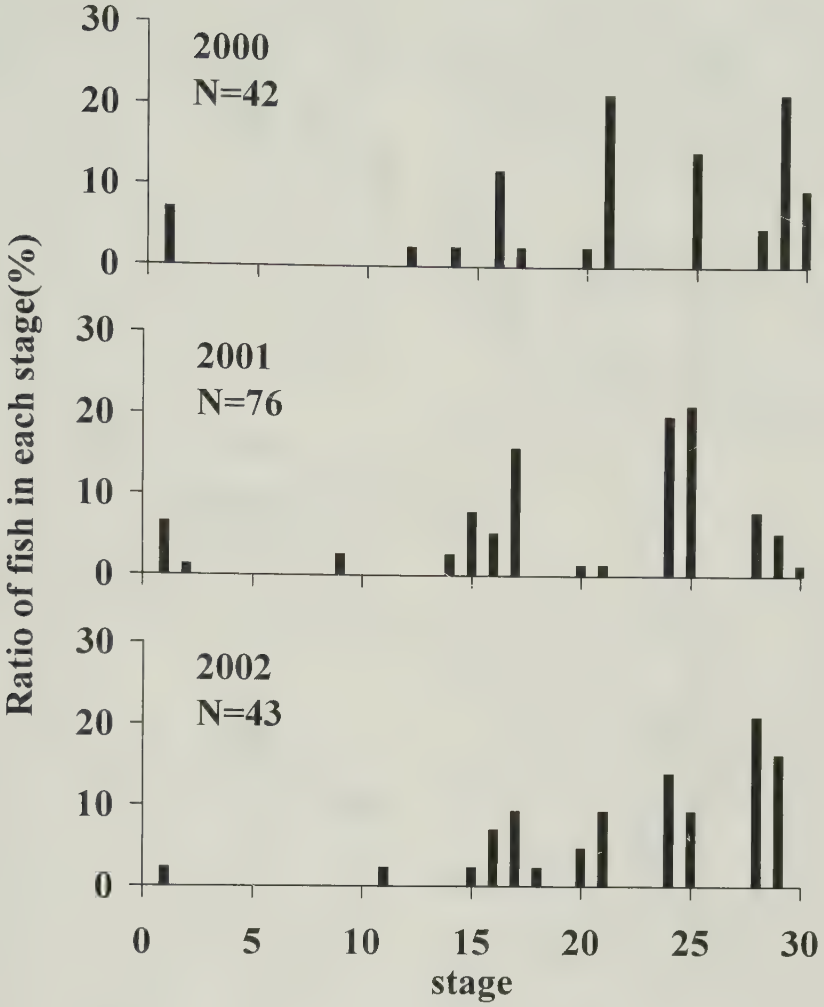


Fig. 11 Ratio of fish according to developmental stage in each investigation year.

試料と方法

宮古センターでは，自然水温下で周年飼育している屋内のコンクリート製100 kL 水槽（以下，親魚水槽）から，出産の約２カ月前の３月上旬に雌親魚のみを FRP 製10 kL 水槽（以下，出産水槽）に移して出産させている。出産水槽におけるクロソイの出産に至るまでの水温条件は，４月までは自然水温，それ以降毎日0.3℃ずつ上昇させ５月上旬に13℃に達した後はそれを維持した（Fig. 10）。餌として冷凍マアジおよびカタクチイワシを，１週間に３回残餌が少し出る程度給餌した。本研究では，宮古センターで飼育している1989年および1991年生まれの養成親魚を用いて2000年から2002年のほぼ同じ日に，個体ごとの胚の発生段階を調べた。宮古センターで飼育している雌親魚は４月上旬から中旬に受精することから（日本栽培漁業協会，2000），各年ともに受精後と考えられる４月下旬に卵巣内から胚を採取した。胚の採取日と調べた親魚の数は，2000年４月25日に42尾，2001年４月24日に76尾，2002年４月25日に43尾であった。2001年の76尾には2000年の42尾と2002年の43尾が含まれ，2000年から2002年に３年連続して調べた個体は９尾であった。

試験魚には背部筋肉中にピットタグ（AVID: Power Tracker）を挿入して個体識別を行い，生殖口からのカニュレーションによって個体ごとに一部の胚を採取した。得られた胚はろ過海水を入れたシャーレに移し，１個体につき30個の胚について，実体顕微鏡下で発生段階を観察した。なお，本種は卵群同期発達型の卵巣をもち（第２章第２節），年１回出産することから（草刈，1995），カニュレーションで得られた同一個体の胚は同一の発生段階にあった。クロソイの卵巣内における胚の発生は，草刈（1995）に従ってステージ（以

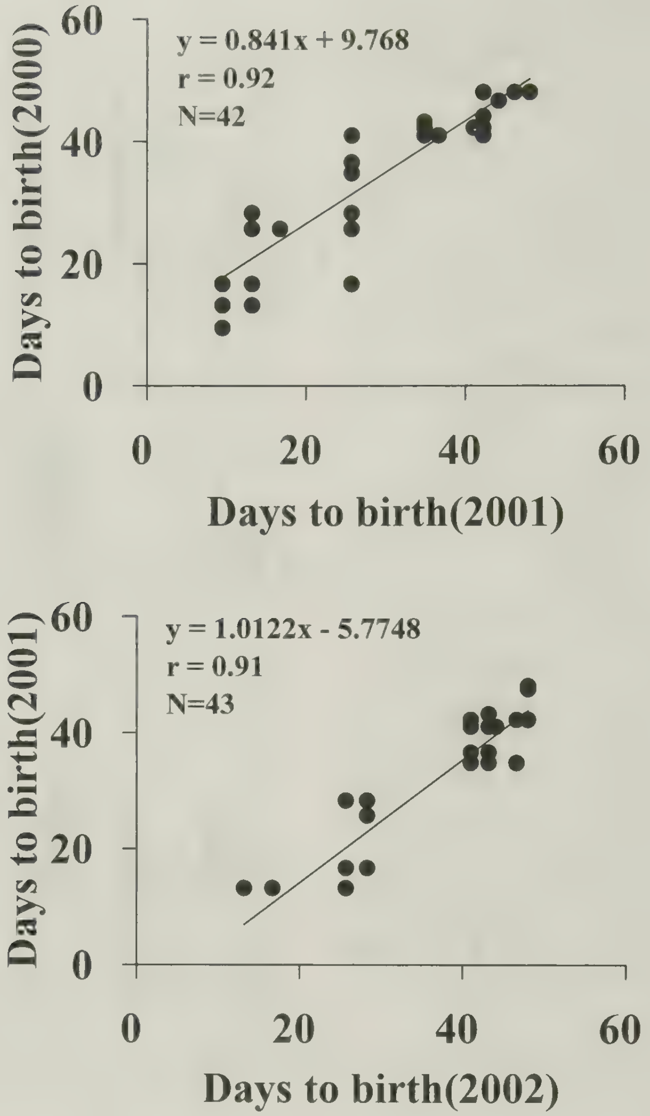


Fig. 12 Relationship between the required days to birth of individual embryo and examination year in black rockfish.

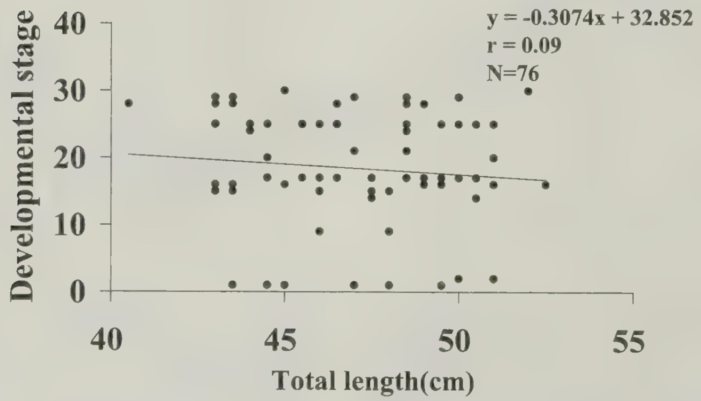


Fig. 13 Relationship between developmental stage and total length in black rockfish examined on April 24 or 25 in each year.

下，st.）1〜32に分類した。それによると，未受精成熟卵（st.1）から初期胞胚期（st.10）まで発生するのに1.4日，後期胞胚期（st.11）から眼胚出現期（st.20）までは11.4日，耳胞原基出現期（st.21）から卵黄嚢減少期（st.30）までは25.3日を要する。このように，胚の発生が10段階進むのに要する日数はステージにより大きく異なる。そこで本研究では各個体において胚の発生段階を出産までの所要日数に変換して検討した。妊娠期間中の平均水温9.8℃では，出産までの所要日数（Y）と胚の発生段階（X）の間には下記の関係式が得られていることから（草刈，1995），

$$Y = -0.00142X^3 + 48.0028$$

各胚の発生段階を上記にあてはめて出産までの日数を求めた。宮古センターにおける2000年の妊娠期間中の平均水温は9.4℃，2001年では9.1℃，2002年では9.8℃であり，草刈（1995）の水温条件の9.8℃とほぼ同じであった。また，この式から得られた出産予定日と実際に出産した日はほぼ一致した。

同一個体の胚発生について，年による違いを検討するために，2年間連続して調査した親魚については両年の出産までの日数の相関係数を求めた。なお，3年間で連続して調べた9尾については2年間（2000年と2001年，2001年と2002年，2000年と2002年）の相関を求め，仮説検定を行った。帰無仮説 $\rho=0$ とし，これを有意水準0.01で検定した。検定統計量は $t=\sqrt{N\text{-}2}\,/\sqrt{1\text{-}r^2}$ であり（N＝自由度，r＝相関係数），$\rho=0$ の下で t が自由度 $N-2$ の t 分布に従うことを利用した。

結　果

各調査年の胚採取日における胚の発生段階の範囲は，2000年には未受精成熟卵期（st.1）から卵黄嚢減少期（st.30）であり，発生初期（st.1〜14）の胚を有する親魚は5尾で全体に占める割合は11.9 %，発生中期(st.15〜25)は22尾で同52.4 %, 発生後期(st.26以降)は15尾で同35.7 % であった。2001年には未受精成熟卵期（st.1）から卵黄嚢減少期（st.30）の範囲にあり，発生初期の胚を有する親魚は10尾で（13.2 %），発生中期は55尾（72.4 %），発生後期は11尾（14.5 %）であった。2002年には未受精成熟卵期（st.1）から体表色素沈着期（st.29）の範囲にあり，発生初期の胚を有する親魚は2尾(4.7 %), 発生中期は25尾(58.1 %), 発生後期は16尾（37.2 %）であった。発生中期の胚を有する親魚の占める割合は，すべての調査年において50 % を超えた（Fig. 11)。調査した3年間とも胚の発生段階の個体間の違いは大きく，草刈（1995）の結果とほぼ同じであった。一方，個体ごとの観察により，同一個体の調査日から出産までの日数を連続する2年間で比較すると，2000年と2001年では相関係数が0.92（t=14.8），2001年と2002年では0.91（t=14.1）となり，各年の間に有意な（P<0.01）相関が認められた（Fig. 12)。さらに，3年間連続して調べた9個体については，2000年と2001年の間の相関係数は0.93（t=6.6），2001年と2002年の間には0.96（t=9.0），2000年と2002年の間は0.94（t=7.3）であり，すべて有意な（P<0.01）相関が認められた。

なお，雌親魚の全長と調査日の胚の発生段階の間には（Fig. 13）有意な関係は認められなかった（r=0.09, P>0.05)。

考　察

宮古センターで飼育しているクロソイの同一個体では，4月下旬における胚の発生段階に関して年の差はほとんどなく，調査した3年間では毎年同じ時期に，ほぼ同じ発生段階に達していた。ニシン（児玉，1988）やマダイ（山口，1978）では，若齢魚に比べて高齢魚において産卵盛期が早いことが知られ，年齢によって産卵盛期が異なることが知られている。

一方，本種の胚発生には調べた範囲では親魚の全長および年齢の影響は認められず（Fig. 13)，親魚は個体ごとに固有の胚発生リズムを有しており，毎年同じ時期に出産することが示唆された。

同一水温下では，クロソイ親魚の受精から出産までの胚の発生速度に個体差はほとんどないことが報告されている（草刈，1995)。このことから，親魚の個体ごとに有する胚発生のリズムは受精時期の違いによると考えられる。宮古センターでは11月に交尾が確認され，精子は冬の間雌の卵巣内で不活休眠状態となり，春に卵の成熟とともに再活性化され，受精に至ることが推定されたが（第2章第2節），そのメカニズムは不明である。宮古センターにおけるクロソイの交尾期間は約1カ月，出産期間もほぼ同じ1カ月であることから（日本栽培漁業協会，1992；1993；1994a；1995；1996；1997；1998；1999；2000)，卵巣卵の受精時期は交尾と関係している可能性が考えられる。しかし，本種の雌親魚を交尾期の前から雌のみで飼育して，人為的に交尾ができない条件を設定したところ，交尾をしなくても卵成熟に至ることが明らかになった（第2章第3節－1）。これらのことから，本種の交尾期は受精時期に直接関係していないことが推察された。一般的に魚類の成熟は，外部環境要因である水温（鈴木・山口，1977；Newell and Branch, 1980；

Jobling, 1983；Carmona-Osalde *et al*., 2004)，光周期（Thrush *et al*., 1994；Duncan *et al*., 1999；Bromage *et al*., 2001）などの影響を受ける。本試験に用いた親魚は水温，光周期および餌料などにおいて，同一条件で飼育されていることから，個体ごとに固有の胚発生リズムを形成する要因として遺伝的な影響が考えられる。それを明らかにするためには，次世代の子を親魚まで育成し，親から子への胚発生リズムの遺伝の有無を調べることが必要となる。ただし，水温により卵発生の速度が変化することがクロソイでも確かめられており（中川，未発表），親魚が経験した水温の年較差は，個体の胚発生段階に見られた若干の年較差の要因となった可能性は否定できない。

クロソイで見られた個体に固有な胚発生年周リズムは，他の魚種ではまったく報告されていない。他種におけるこのような胚発生リズムの存在や繁殖戦略上の意義は今後の重要な研究課題である。

本研究により，飼育しているすべての親魚について胚の発生段階を1回調べることで，個体ごとの胚発生の年周期性を把握できる可能性が示された。宮古センターでは親魚の飼育水温を自然水温より高くすることで，親魚群全体の出産期を早めることはできるものの，複数の親魚の出産を同調させることは難しい。宮古センターにおいて，1990～2000年に種苗生産用水槽（50 kL）に収容する50万尾のクロソイ仔魚を集めるのに必要な平均日数（範囲）は1.8（1～5）日であった。一方，ヒラメでは1.1日，マダイでは1.0日であり（日本栽培漁業協会，1992；1993；1994a；1995；1996；1997；1998；1998；2000），両種はほぼ1日の産卵で必要数の仔魚を収容した。これは，ヒラメおよびマダイでは親魚1尾あたりの産卵数が多く，しかも多数の親魚を用いていること，および両種が数日間隔で多回産卵（不完全同期発達型）するため可能となった。数日間にわたって出産されたクロソイ仔魚を同一の大型水槽に収容すると，体長差が大きいことから，強度の共食いが発生する。ゆえに，クロソイの効率的な種苗生産のためには，出産日を同調させて，できるだけ短い期間に必要な仔魚を得るための技術開発が求められる。

3．胚の発生段階に基づく親魚選別による出産の同調化

前述のとおり，効率的な種苗生産を行うには良質なふ化仔魚を集中的，かつ大量に確保する技術が必要である。ヒラメなどの多回産卵魚では，親魚養成技術の進歩により1日あたり100万尾以上のふ化仔魚を安定して得ることが可能となっている（日本栽培漁業協会，1994)。しかし，胎生魚であるクロソイは，出産が年1回であり（草刈，1995），1尾あたりの産仔数も20万尾前後（清水・八幡，1991）と少なく，群としての同調性がないため，集中的に大量の仔魚を得るのが難しい。さらに，仔魚を大量に得るために親魚の飼育密度を高めると死産が増加し（日本栽培漁業協会，1992)，大型水槽を用いて親魚数を増やすと，遊泳力のある仔魚を回収できないという問題が生じる。このことから，クロソイの種苗生産機関では，大量のふ化仔魚の安定確保が大きな課題となっている。

本研究では，クロソイ親魚群の出産の同調性を高めるために，カニュレーションによりクロソイ親魚から胚を採取し，発生段階を調べて出産日が互いに近いと判断された個体を選別した。選別親魚群と非選別親魚群の出産日を比較し，出産の同調性に対する選別の効果を検証した。あわせて，胚の発生段階に基づいた親魚の出産日の予測精度を検証した。

試料と方法

親魚の飼育条件と試験区の設定 試験は2001～2003年の3年間に各1回ずつ，計3回実施した。供試魚には，1989～1991年に宮古センターで種苗生産されたクロソイを10～12歳まで養成した雌成魚を用いた。宮古センターで飼育するクロソイ親魚は11月に交尾し，4月の体内授精を経て5～6月に出産するという生殖周期を持つ（第2章第2節)。これに合わせて，宮古センターでは交尾期を含む7月～2月には，雌雄を混合して大型水槽（RC100 kL）で飼育し，出産期を中心とした3～6月には，出産された仔魚を効率よく回収するため，雌のみを加温が可能な小型水槽（FRP10 kL，以下，出産水槽）で飼育している。本試験でも同様のスケジュールで，3月上旬に供試魚を出産水槽2面に収容した。

本試験では，胚の発生段階に基づいて親魚を選別する「選別区」と，選別しない「対照区」の2区を設定した。出産水槽への収容尾数は，当初，選別区では34～40尾，対照区では16～20尾とし，選別後は両区の尾数をほぼ同数に揃えた。前述したように親魚の受精時期は4月上旬であるため，すべての供試魚で受精が完了すると考えられる4月下旬（2001年4月24日，2002年4月25日および2003年4月24日）にカニュレーションによる胚の採取と観察を実施した。胚の観察方法は前項に準じた。胚の発生段階は，草刈（1995）に従いステージ（以下，st.）1からst.32に分類した。なお，本種の胚は卵巣内では均一に発生するため（第2章第2節)，得られた胚は卵巣全体の発生状況を代表して

Table 3. Developmental stage and the expected date of birth from the inspection of embryos black rockfish from 2001 to 2003

Year	selected				control		
	Developmental stage	No. of fish	Expected[*1] date of birth	selection	Developmental stage	No. of fish	Expected[*1] date of birth
	28	5	10 May	using for experiment	25	3	16 May
	25	6	16 May		24	6	18 May
	24	10	18 May		21	1	23 May
	21	1	22 May	eliminated	17	3	28 May
2001	17	3	26 May		15	3	30 May
	15	2	28 May		10	3	1 Jun.
	14	2	28 May		UE[*2]	1	
	5	1	30 May				
	2	1	31 May				
	UE[*2]	9					
Total		40				20	
	29	9	6 May	using for experiment	28	3	9 May
	28	8	9 May		25	3	16 May
	25	4	16 May		24	3	18 May
	24	5	18 May	eliminated	21	3	23 May
2002	21	2	23 May		17	1	27 May
	20	2	24 May		16	2	28 May
	17	2	27 May		UE[*2]	1	
	16	1	27 May		NT[*3]	3	
	15	3	29 May				
	UE[*2]	2					
Total		38				19	
	29	1	6 May	using for experiment	29	1	6 May
	28	9	9 May		28	1	9 May
	25	6	16 May		25	3	16 May
	24	4	18 May		24	1	18 May
	21	3	23 May	eliminated	21	2	23 May
2003	20	1	24 May		20	1	24 May
	16	1	28 May		16	3	28 May
	15	2	27 May		2	1	31 May
	14	1	30 May		NT[*3]	3	
	11	2	31 May				
	UE[*2]	3					
	NT[*3]	1					
Total		34				16	

[*1]The expected date of birth from the inspection of embryos by a cannulation.

[*2]UE: unfertilized egg.

[*3]NT: Embryos were not collected by a cannulation.

Table 4. Total length, body weight, number of collected larvaae, and period and interval of birth (*T*) of black rockfish broodtock females from 2001 to 2003

Year	groups	Number of fish examined	Total length (cm) (Mean ± S.D.)	Body weight (kg) (Mean ± S.D.)	Number of collected larvae ($\times 10^4$)	Number of larvae per broodstock ($\times 10^4$)	Period of birth (day)	Number of birth day (day)	T *2
2001	selected	21*1	49.2±1.9	2.3±0.2	573.7	27.3	11	9	0.52
	control	20	48.5±1.6	2.1±0.2	465.1	23.3	20	12	1.00
2002	selected	21*1	49.7±1.6	2.1±0.2	486.4	23.2	15	10	0.71
	control	19	49.1±1.7	2.0±0.2	402.8	21.2	23	15	1.21
2003	selected	20*1	50.5±1.5	2.3±0.2	437.4	21.9	15	10	0.75
	control	16	49.7±1.7	2.2±0.2	353.7	22.1	23	12	1.44

*1 Selected fish by the inspection of embryos using cannulation.

*2 Period of birth／Number of broodstock females.

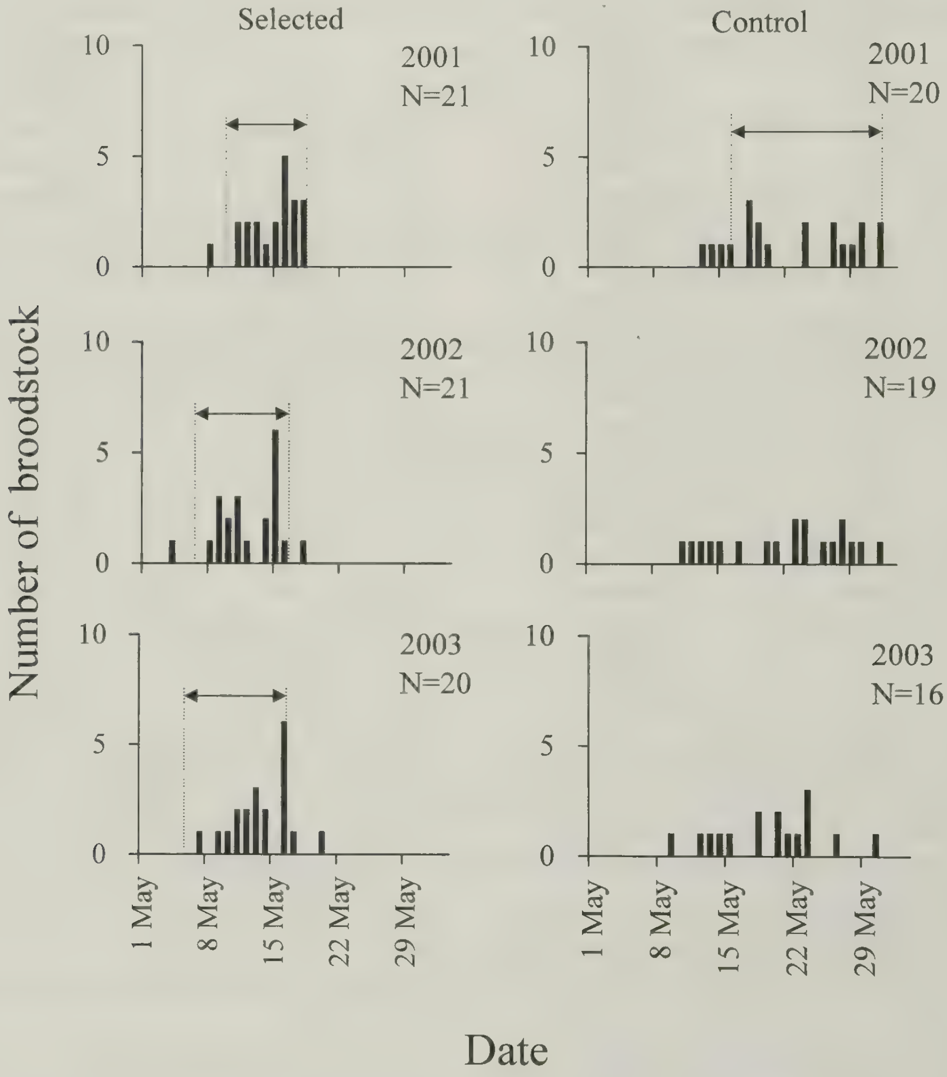


Fig. 14 Daily changes of the number of parturition in black rockfish females from 2001 to 2003. Arrows indicate the expected parturition period. Selected broodstock females by the observation of embryonic developmental stage were used for intensive parturition.

Table 5. Expected and actual dates, and conformity ratio of birth in black rockfish broodstock females from 2001 to 2003

Year	groups	Date of birth				Conformity ratio of birth[*2] (%)
		Expected[*1]		Actual		
		start	finish	start	finish	
2001	selected	10 May	18 May	8 May	18 May	76.2
	control	16 May	1 Jun.	13 May	1 Jun.	85.0
2002	selected	6 May	16 May	4 May	18 May	90.5
	control	—	—	—	—	—
2003	selected	6 May	18 May	7 May	20 May	95.0
	control	—	—	—	—	—

[*1] Expected date of birth from the inspection of embryos by cannulation.
[*2] Conformity ratio of birth(%): The ratio of the broodstock females which gave birth within the predicted birth period .

いる。

出産水槽は，4月中旬まで自然水温（5.4～8.0℃）とし，選別を終えた4月下旬以降に昇温（0.3℃/日）を開始して13℃まで加温した。この水温管理は，宮古センターのクロソイ種苗生産試験で，5月上旬に仔魚を得るために毎年行っている方法であり，本試験でもこの昇温スケジュールに従った。出産水槽へ収容する3月上旬からすべての親魚の出産が終了する5月下旬までの飼育水温の範囲（平均）は，2001年が5.4～13.0（9.6）℃，2002年が6.4～13.0（9.7）℃，2003年が6.5～13.0（9.4）℃であり，年度間で顕著な差はなかった。

出産されたふ化仔魚は，水面付近を遊泳するため，出産水槽壁面の排水口から排出された海水とともに500 L水槽に集めて回収した。回収したふ化仔魚数は，出産日および水槽ごとに容積法で計数した。

出産の同調性の評価　出産の同調性は，各親魚群が出産の開始から終了までに要した日数 D を，収容した親魚数（選別区では選別後の尾数）N で除して得られる平均出産間隔 T（$= D/N$）により評価した。

得られた T の3年間の平均値の差を，Mann-Whitney の U-test を用いて検定した。

出産期間の推定および的中率　草刈（1995）は，水温9.8℃における本種の胚の発生段階 X（X =1, 2, 3…32）と出産までの所要日数 Y との関係は，

$Y = -0.00142X^3 + 48.0028$ で表されることを報告した。一方，本種の出産時期は水温によって変化する（清水・八幡，1991）ため，本研究では9.8℃の水温一定の条件下で推定された草刈（1995）の式を，積算水温の条件下の推定式に読み替え，変動する水温下での出産日の推定を試みた。即ち，その時点の胚の発生段階 X から出産までの所要日数 Y に9.8℃を乗じた水温 PD℃（$=9.8Y$℃）を，出産までに要する積算水温と仮定し，出産水槽の水温制御スケジュールに従った積算水温が PD℃に達する日を出産日とした。なお，親魚を水槽から取り揚げて出産個体を確認する方法は，その後の出産に支障をきたすと予想される。そこで，出産日の個別確認を行わず，各群で最も早い個体と遅い個体の出産予定日を出産期間とし，この期間中に出産した親魚の割合（以下，的中率）から予測結果を評価した。なお，毎日の出産親魚数は，その日に得られた仔魚の数を，各群における1尾あたりの平均出産数（試験終了時に確定）で除して推定した。

結　果

胚の発生段階と選別結果　2001年の試験では，選別区の候補魚40尾のうち31尾に胚発生が認められ，それらの発生段階は胚盤形成期（st. 2）から開口期（st. 28）であった（Table 3）。残りの9尾は未受精卵を有していた。このうち st. 24～28の21尾を選別区の供試魚とし，残りは水槽から除去した。対照区では20尾のうち19尾で胚発生が認められ，それらの発生段階は初期胞胚期（st. 10）から網膜色素沈着期（st. 25）であっ

た。1尾は未受精卵を有していたが，すべての個体を対照区の供試魚とした。2002年は，選別区の38尾のうち36尾で胚発生が認められ，それらの発生段階は胚胎出現期（st. 15）から体表色素沈着期（st. 29）であった（Table 3）。2尾は未受精卵を有していた。このうちst.25～29の21尾を選別区の供試魚とした。対照区では19尾のうち15尾で胚発生が認められ，それらの発生段階は頭側皺襞期（st. 16）から開口期（st. 28）であった。1尾は未受精卵を有し，残りの3尾はカニュレーションで胚を採取することができなかったが，すべての個体を対照区の供試魚とした。

2003年は，選別区の34尾のうち30尾で胚発生が認められ，それらの発生段階は後期胞胚期（st. 11）から体表色素沈着期（st. 29）であった（Table 3）。3尾は未受精卵を有し，1尾はカニュレーションで胚を採取できなかった。このうちst. 24～29の20尾を選別区の供試魚とした。対照区では16尾のうち13尾で胚発生が認められ，それらの発生段階は胚盤形成期（st. 2）から体表色素沈着期（st. 29）であった。3尾はカニュレーションで胚を採取することができなかったが，すべての個体を対照区の供試魚とした。

なお，すべての年度で，両試験区の供試魚の平均全長に有意差は認められなかった（Mann-Whitney の *U*-test, $P>0.05$；Table 4）。

出産および同調性　出産結果の概要を Fig. 14に示した。各年の試験で得られた総ふ化仔魚数は，選別区では437.4～573.7万尾，対照区では353.7～465.1万尾であった。親魚1尾あたりの平均ふ化仔魚数は，選別区では21.9～27.3万尾，対照区では21.2～23.3万尾であった。出産の開始から終了までに要した日数は，選別区では11～15日間，対照区では20～23日間であった。そのうち出産が確認されたのは，選別区では9～10日間，対照区では12～15日間であった。選別区は対照区に比べて出産期間が短縮され，かつ1日あたりに出産した親魚数も増加した（Fig. 14）。

なお，未受精卵の放出は，2001年および2002年の対照区で各1例ずつ観察され，胚の発生段階調査で未受精卵を持っていた親魚数と一致した。選別区では，未受精卵を持つ親魚をあらかじめ除去できたため，卵の放出はまったく認められなかった。

各年の平均出産間隔（T）は，選別区ではそれぞれ0.52, 0.71, 0.75（平均0.66），対照区ではそれぞれ1.00, 1.21, 1.44（平均1.22）となった。選別区の T は対照区に比べて有意に低く（$P<0.05$），およそ1/2に短縮された（Table 4）。

出産期間の的中率　すべての供試魚から胚発生がみられた卵巣卵を採取できた2001～2003年の選別区，および2001年の対照区について出産期間を推定した。2002年および2003年の対照区では，胚発生がみられた卵巣卵が採取できない個体が3尾ずつ含まれるため，出産期間は推定できなかった。各年，各群の出産期間の的中率は76.2～95.0％と非常に高く，推定日と実際の出産日との差は出産開始日および終了日では，それぞれ1～3日，0～2日であり（Table 5；Fig. 14），推定された出産期間は実際の期間とよく一致した。

各年，各群の出産期間の的中率は76.2～95.0％と非常に高く，推定日と実際の出産日との差は出産開始日および終了日では，それぞれ1～3日，0～2日であり（Table 5；Fig. 14），推定された出産期間は実際の期間とよく一致した。

考　察

選別の効果　現在行われている50kL 以上の大型水槽を用いたクロソイの種苗生産では，ふ化仔魚が集中的に得られないことに起因して，出産日の異なる仔魚をまとめて同一水槽に収容するのが一般的である。このような状況で種苗生産を行うと，飼育魚の大小差が拡大して共食いが増加するために，生残率の低下や疾病の発生が問題となっている（清水・八幡，1991）。本試験で開発した親魚選別法により効率的にふ化仔魚が得られれば，飼育規模が大きくても短期間で仔魚を収容することが可能になる。宮古センターのクロソイ種苗生産試験では，毎年40～50尾の親魚を用いて，1水槽あたり50万尾の仔魚の収容を目標とするが，1990～2000年に実施した延べ33回の飼育事例では収容に平均1.8日，最大5日（日本栽培漁業協会，1992；1993；1994a；1995；1996；1997；1998；1998；2000）を要した。しかし，本方法で親魚を選別した2001～2003年の8例では最大でも2日（平均1.1日）に短縮された（日本栽培漁業協会，2003a；2003b；2003c）。さらに，胚の状態を観察することで，未受精卵を持つ親魚をあらかじめ除去できるため，飼育水槽への死卵の混入による水質悪化が防止できる利点も認められた。

本試験の選別区では，選別時の胚発生は，2001年がst.24～28，2002年がst.25～29，2003年がst.24～29と5～6ステージの幅が生じた（Table 3）。従って，より多くの親魚を選別して胚発生段階をより厳密に揃えると，群としての同調性はさらに高まり，効率よくふ化仔魚が得られると考えられる。

予測精度の向上と異なる胚を持つ親魚の出産の同調　水温一定の条件下で求められた草刈（1995）の推定式を，積算水温下での推定式に読み替え，5～13℃

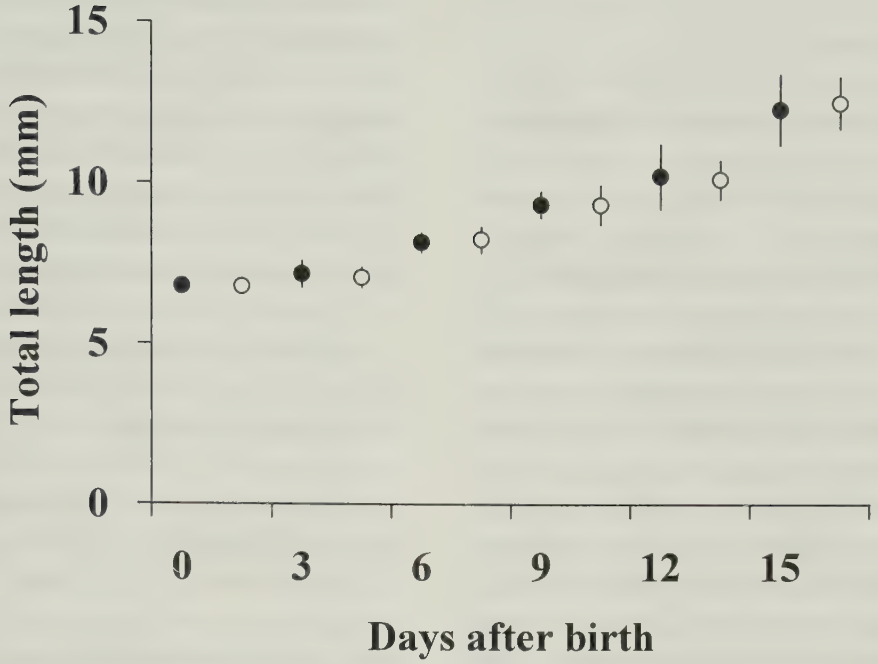


Fig. 15 Growth of black rockfish *Sebastes schlegeli* reared in the different feeding regime. Closed circles indicate control (rotifer-*Artemia* feeding group) where fish were fed with rotifer from 0-10 days after birth, then fed wirh *Artemia* from 3-15 days after birth, and open circles indicate *Aretemia* single feeding group. Vertical bars indicate S. D. of the mean..

Table 6. changes in feeding incidence of larval black rockfish

Lot number	Feeding incidence* (%)		
	after 3 hour	after 6 hour	after 24 hour
Control 1	23.3	60.0	100
Control 2	26.7	56.7	100
Artemia 1	16.7	53.3	96.7
Artemia 2	26.7	56.7	96.7

*Feeding incidence was observed for 30 larvae in each tanks.
Number of larvae with food in gut / total larvae ×100.

Table 7. Results of the 15 days feeding trial of black rockfish

Lot number	Initial			Final			
	No. of fish (ind.)	No. of fish (ind. / *kl*)	Total length (mean ± SD mm)	No. of fish (ind.)	No. of fish (ind. / *kl*)	Total length (mean ± SD mm)	Survival Rate (%)
Control 1	5,000	10,000	6.8 ± 0.2	2,674	5,348	13.1 ± 0.5	53.5
Control 2	5,000	10,000	6.8 ± 0.2	3,837	7,674	11.6 ± 0.9	76.7
Artemia 1	5,000	10,000	6.8 ± 0.2	3,822	7,644	12.2 ± 0.9	76.4
Artemia 2	5,000	10,000	6.8 ± 0.2	2,669	5,338	13.0 ± 0.5	53.4

Total length was measured for 30 juveniles in each tanks.

の範囲で出産期間を予測した。その結果，予測期間と実測期間がほぼ一致し（Table 5），この推定式が変動する水温下でも有効であることを確認した。ただし，この一致は，試験期間中の平均水温（2001年では9.6℃，2002年では9.7℃，2003年では9.4℃）が，草刈の条件水温の9.8℃に近かったためと考えられる。今後は様々な水温帯で推定式の有効性を検証し，出産日予測の精度を高める必要がある。

本研究では，出産日が互いに近い個体を選別して出産の同調化を図った。次の段階では，水温制御により異なる胚を持つ個体の出産日を同調させる技術が必要と考えられる。ニシンでは，水温制御により異なる採卵日に得られた卵のふ化日を同調させている（大河内，未発表）。また，ガザミ *Portunus trituberculatus* でも，異なる胚発生段階を持つ親ガニの飼育水温を個別に制御することで，ふ化を同調させることができる（浜崎ら，1992）。クロソイにおいても，正常な出産が見込める水温帯や水温勾配を明らかにし，前述した出産予測の精度向上を図ることで，成熟段階の違う多くの親魚の出産を同調させることができるかもしれない。なお，クロソイの胚発生は個体ごとにリズムがあり，発生が早い個体は毎年早く，遅い個体は毎年遅い傾向が認められている（第2章第3節－2）。従って，この傾向を把握して親魚をグループ化し，異なる水温下で管理することで成熟段階が違う親魚の出産を同調できる可能性も考えられる。

遺伝的多様性への配慮　放流を前提とした栽培漁業では，放流種苗の遺伝的多様性への配慮が必要である（北田，2000）。本種の種苗生産では，宮古センターのような50 kL 水槽を用いた規模でも1水槽の種苗生産に使用する雌親魚は2～3尾，小規模な生産では1尾程度と非常に少なく，生産種苗の遺伝的組成が偏る危険がある。これらは胎生魚の栽培漁業に共通する問題と考えられる。クロソイを含む胎生魚の出産の同調技術は，仔魚の大量確保だけにとどまらず，多くの雌雄由来の仔魚を一度に確保し，放流種苗の遺伝的多様性を向上させるうえでも有効と考えられる。

第3章　種苗生産技術の開発

第1節　ワムシを省いた餌料系列が仔魚の成長と生残に与える影響

宮古センターでは1980年からクロソイの種苗生産が実施されてきた（岩本・芦立，1982）。現在では，本種の種苗生産技術はほぼ確立され，年間約50万尾の種苗が生産されている。次の段階として，種苗生産の効率化の検討を行う必要がある。

クロソイを含む魚類等の種苗生産工程では，飼育初期の餌料にシオミズツボワムシ *Brachionus plicatilis*（以下，ワムシ），アルテミア *Artemia* ノープリウス（以下，アルテミア）などの生物餌料が用いられている。飼育初期に与える餌料の大きさは，成長や生残率に影響することから，例えばキジハタ *Epinephelus akaara* ではS型ワムシタイ産株から始まり，成長に伴ってS型ワムシ，L型ワムシの順に使用するなど，対象種の体サイズを考慮した餌料系列が検討されてきた（福永ら，1990）。

ヒラメやマダイの開口時の全長は，それぞれ2.9～3.6 mm，3.3 mm である（熊井，2000）。これらの種苗生産工程では，飼育初期にワムシが給餌されている。ヒラメの種苗生産工程では，全長7 mm に達した段階でワムシに加えてアルテミアの給餌が開始される（日本栽培漁業協会，1994b）。クロソイの仔魚は，開口した状態で出産され（草刈，1995），その全長は概ね7 mm である（日本栽培漁業協会，2000）。本種の仔魚は，既にヒラメの種苗生産工程のアルテミアを給餌する全長に達している。このことから，クロソイの種苗生産工程では，ワムシを省きアルテミアから給餌を開始することが可能であると考えられた。

そこで本試験では，従来のワムシ－アルテミアの順で給餌する区，ワムシを省きアルテミアから給餌する区を設定した。試験区ごとの成長および生残率をそれぞれ比較して，ワムシの給餌を省いたクロソイの種苗生産工程の可能性を検討した。

試料と方法

供試魚と試験区の設定　供試魚には宮古センターで出産されたクロソイ仔魚（平均全長6.8 mm）を用いた。試験は1997年5月14日から5月29日の15日間実施した。試験にはワムシ－アルテミアの順で給餌する区（以下，対照区），アルテミアのみを給餌する区（以下，アルテミア区）をそれぞれ2面ずつ設定した。

飼育条件　円型500 L ポリカーボネイト水槽にふ化仔魚5,000尾（10,000尾 /kL）を収容して飼育した。ワムシは対照区のみに給餌し，試験直後から10日齢まで3～5個体 /mL を維持する量を朝夕与えた。給餌するワムシはアクアラン（100 g/kL，BASF ジャパン㈱）を用いて，20℃で16～24時間の栄養強化を実施した。アルテミアは対照区では3日齢から，アルテミア区では0日齢からそれぞれ試験終了時まで25～250万個を1日2回給餌した。アルテミア耐久卵（ミヤコ化学，ふ化率95 % 以上）は水温22℃でふ化管理を行い，42時間後にアルテミアを分離した。給餌するアル

テミアは，アクアラン（50 g/kL，BASF ジャパン㈱）を用いて，20℃で16～24時間の栄養強化を実施した。なお，ふ化仔魚を収容した直後に，それぞれの餌料を給餌した。

飼育水には砂ろ過海水を用い，淡水クロレラ濃縮液5～10 mL（*Chlorella* sp.，フレッシュグリーン，日清サイエンス㈱）を1日2回添加した。飼育水温は飼育開始時の13℃から1℃/日の速度で18℃まで昇温し，以降それを維持した。飼育水の換水は0日齢から行った。1日あたりの換水率は5日齢までは50 %，6～10日齢までは100 %，それ以降では150 %に設定した。通気量は微量とし，仔稚魚の成長とともに順次増加した。

全長の測定　全長については，試験開始0日齢から試験終了の15日齢まで3日ごとに各水槽から30尾ずつの供試魚を無作為に抽出して，麻酔を施した後に測定した。

摂餌率　摂餌については，試験開始の3，6，24時間後に，各水槽から無作為に30尾の仔魚を採取して観察した。調査個体数に対する餌料を摂餌した個体数の割合を摂餌率とした。

生残率の推定　各試験区の生残率は，試験終了後に重量法を用いて生残尾数を算出し，その値を収容尾数で除して推定した。

ふ化仔魚の口径と餌料の測定　摂餌する餌料は仔魚の口径により規定される。そこで，クロソイの仔魚30尾の上顎長を測定し，口径＝$\sqrt{2}$上顎長（代田，1970）の関係を用いて本種のふ化仔魚の口径を推定した。また，アルテミアの全長およびワムシの背甲長については，給餌直前の30個体をそれぞれ測定し，仔魚の口径に対する割合を示した。

統計処理　各試験区の全長の平均値の差を，Mann-Whitney の *U*-test を用いて検定した（$P<0.05$）。

対照区とアルテミア区の生残率を比較するため，カイ二乗法により有意差を検定した。

結　果

全長の推移　各試験区の全長の推移を Fig. 15に示した。日齢0から15まで各試験区の間に有意差は認められなかった。

摂餌率　試験開始の3，6，24時間後の摂餌率を Table 6に示した。対照区における3時間後の摂餌率は23.3 %，26.7 %，6時間後では60.0 %，56.7 %，24時間後では2水槽ともに100 %に達した。アルテミア区における3時間後の摂餌率は16.7 %，26.7 %，6時間後では53.3 %，56.7 %，24時間後では2水槽ともに96.7 %に達した。残った3.3 %の個体は，ふ化していないアルテミア卵のみを摂餌していた。

生残率　対照区1，対照区2，アルテミア区1，アルテミア区2の生残尾数は，それぞれ2,674尾，3,837尾，3,822尾，2,669尾となり，生残率は53.5 %，76.7 %，76.4 %，53.4 %であった。対照区とアルテミア区の間の生残率には，有意差は認められなかった（Table 7）。

仔魚の口径と餌料の大きさ　クロソイ仔魚の口径は，代田（1970）の方法に従って推定した結果，0.94±0.05 mmであった。アルテミアの全長は0.76±0.02 mmであり，仔魚の口径に対して80.9 %であった。ワムシの背甲長は0.17±0.02 mmであり，仔魚の口径に対して18.1 %であった。

考　察

ワムシ給餌を省いた種苗生産工程の検討　本試験で用いたアルテミアの全長は，クロソイ仔魚の口径に対して80.9 %であった。仔魚の口径は摂餌する餌料の上限と考えられるため（代田，1970），本試験で

Table 8. Changes in feed composition on mass production of black rockfish, *Sebastes schlegeli*

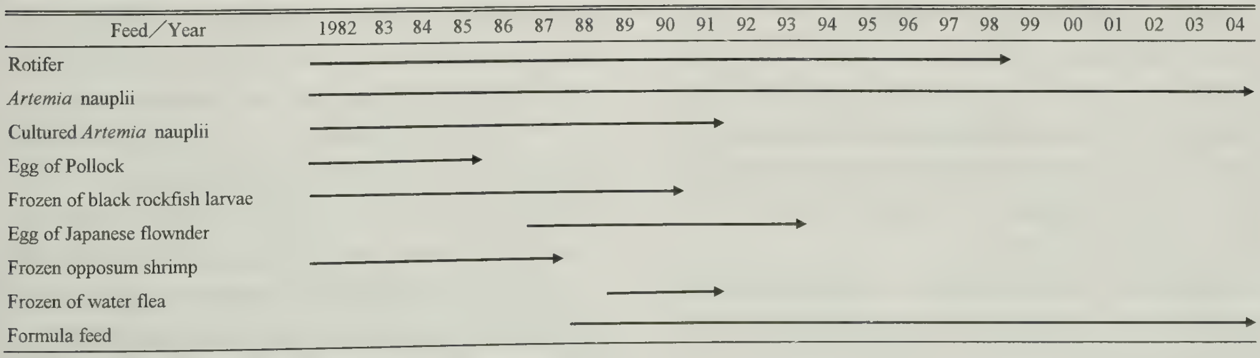


Table 9. Enrichment method of live food in juvenile production of black rockfish

Year	Rotifer						*Artemia*					
	First enrichment			Second enrichment			First enrichment			Second enrichment		
	Enrichmental treatment	Concent-ration (g / *kl*)	time (h)	Enrichmental treatment	Concent-ration (g / *kl*)	time (h)	Enrichmental treatment	Concent-ration (g / *kl*)	time (h)	Enrichmental treatment	Concent-ration (g / *kl*)	time (h)
1982 - 1987	*Nannochloropsis sp.*	2,500*	6-16				*Nannochloropsis sp.*	2,500*	6-16			
1988 - 1991	*Nannochloropsis sp.*	2,500*	6	*Nannochloropsis sp.*	2,500*	1-2	*Phaeodactylum* sp.	50*	7	*Phaeodactylum* sp.	50*	20-28
1992	*Nannochloropsis sp.*	2,000*	6	*Nannochloropsis sp.*	2,000*	1-3	*Phaeodactylum* sp.	100*	20-28			
							Phaeodactylum sp.	100*				
1993	*Nannochloropsis sp.*	2,000*	6	Aquaran	200	16-24	Emulsification oil	50	16-24			
							Vitamin AD_3E	20				
							Phaeodactylum sp.	100*				
1994	*Nannochloropsis sp.*	2,000*	6	Aquaran	400	16-24	Emulsification oil	50	16-24			
							Vitamin AD_3E	20				
							Phaeodactylum sp.	100*				
1995	*Nannochloropsis sp.*	2,000*	6	Aquaran	500	16-24	Emulsification oil	50	16-24			
							Vitamin AD_3E	20				
1996 - 1998	Aquaran	250	17-25				*Phaeodactylum* sp.	100*	17-25			
							Aquaran	250				
1999							Aquaran	150	17-25			
2000 - 2004							Aquaran	50	17-25			

* : Unit are 10,000cells per *ml*.

用いたアルテミアは，本種仔魚の摂餌に影響を与えない大きさであると考えられる。また，アルテミア区では試験開始の24時間後には摂餌率が96.7 % に達した（Table 6)。さらに，対照区とアルテミア区の全長には，15日齢まで有意差が認められなかった（Fig. 15)。生残率についても，試験区間に有意差は認められなかった（Table 7)。これらのことから，ワムシの給餌を省いてアルテミアを飼育初期から給餌しても，本種仔魚の飼育は十分に可能であることが示された。実際に宮古センターでは，ワムシを省いた餌料系列を用いて，1999～2004年の間に本種の種苗量産（50 kL 水槽）が15例実施された。この餌料系列による取り揚げ時（全長約30 mm）の生残率の平均（範囲）は，50.6 %（30.2～80.1 %）を示した。一方，1994～1998年の間に，ワムシを用いた餌料系列による種苗量産は14例実施された。その生残率の平均（範囲）は60.5 %（24.6～85.9 %）を示したが，２つの餌料系列の間の生残率には，有意差は認められなかった。宮古センターの種苗量産では，実際には10日齢から配合飼料を使用している。従って，本種の種苗生産工程の餌料系列は，従来のワムシ－アルテミア－配合飼料の方法に加えて，アルテミア－配合飼料の方法が成立することがわかった。

ワムシを省いた餌料系列では，ワムシの培養および給餌過程を省くことになり，クロソイの種苗生産工程の効率化を図ることができた。

残された課題　本試験で用いたアルテミアは，ふ化率95 % 以上を示す高品質の耐久卵であった。しかし，アルテミア区では，ふ化後の卵とアルテミアを分離したものの，僅かに残った卵を摂餌した仔魚が観察された。全長7.5 mm 以下の仔魚がアルテミア卵を摂餌すると，消化管内で卵が詰まり衰弱する個体が観察されている（中川，未発表)。従って，ふ化率の低いアルテミア卵を本種の種苗生産に用いた場合には，アルテミア卵を摂餌する仔魚の増加が推測され，種苗生産に障害を与えることも考えられる。ワムシを用いないでアルテミアから給餌する餌料系列の場合には，高品質のアルテミア卵を使用し，ふ化率をさらに高める対策を講じる必要がある。

本試験によって，ワムシを省いた餌料系列を用いても，本種仔魚の飼育が可能なことが示された。しかし，多くの種苗生産機関では，クロソイの種苗生産が他種の種苗生産と並行して実施されることが多く，ワムシは常に培養されているのが現状である。従って，今後は本種の種苗生産工程における餌料系列の開発として，アルテミアを給餌しないワムシ－配合飼料の餌料系列についても検討を加える必要がある。

本試験に用いたクロソイ仔魚の平均全長は6.8 mm であったが，本種仔魚の全長は，親魚の出産のタイミングによっても変動する(第２章第２節)。全長6.8 mm に達しない仔魚の口径やアルテミアの摂餌率を調べることは今後の課題である。

第2節　仔稚魚の成長，発育および日間死亡率

クロソイの種苗生産の研究は，1970年代に青森県で開始された。その後，北海道，秋田県，宮城県，山形県，福島県，新潟県，広島県，愛媛県が，本種の種苗生産に取り組んだ（草刈，1995）。宮古センターでは1980年から本種の種苗生産試験を開始し，1982年以降，50 kL 水槽を用いた大量生産に着手した。

宮古センターにおける本種の種苗生産については，断片的に報告されているが，長年にわたって実施されてきたこれまでの一連の結果をとりまとめた報告はされていない。また，種苗生産における仔稚魚の成長，発育段階および日間死亡率を定期的に調べて，仔稚魚の死亡要因を各年度で比較したことはない。

そこで，本章では1982～2004年の23年間に宮古センターで実施されてきたクロソイの種苗生産の結果を整理するとともに，本種仔稚魚の成長，発育段階および日間死亡率を調べて，種苗生産工程における仔稚魚の死亡要因を推定した。

試料と方法

供試魚と飼育水槽　種苗生産には，宮古センターで飼育されている親魚から出産された仔魚を用いた。飼育には形態異常および不安定に遊泳する個体が少ないロットの仔魚を用いることが望ましく，これらは経験的に知られている。出産された仔魚の状態が種苗生産に使えると判断された場合には，容量法によって仔魚を計数した後，50 mm のサイホンホースを用いてこれらを飼育水槽に収容した。飼育水槽には50 kL 容量の角型コンクリート水槽（8.0×4.8×1.6 m）を2～4基用いた。これらの水槽は，ボイラー熱を利用した加温，ブロアーによる通気，および自動底掃除機の使用が可能な構造となっている。なお，1994年以降には微粒子（粒径400 μm）の配合飼料を用いるための自動給餌機が各水槽に設置された。

餌料系列　クロソイ仔稚魚に与えた餌料の種類（以下，餌料系列）を年ごとに示した（Table 8）。

第Ⅰ期（1982～1993年）：この期間は，シオミズツボワムシ *Brachionus plicatilis*（以下，ワムシ），アルテミア *Artemia* ノープリウス（以下，アルテミア），アルテミアを約1.2 mm まで飼育したアルテミア，スケソウダラ *Theragra chalcogramma* およびヒラメの卵，冷凍したクロソイ仔魚，ミジンコおよびアミなどの生物餌料を使用した。

第Ⅱ期（1994～1998年）：微粒子の配合飼料を与えることが可能な自動給餌機が導入され，飼育初期から配合飼料の給餌が可能となった。ワムシ，アルテミアおよび配合飼料の3つの餌料構成となり，生物餌料を主とした餌料系列から配合飼料を主とした方式に移行した。

第Ⅲ期（1999～2004年）：ワムシの給餌を省き，アルテミアから給餌する餌料系列を使用しても，クロソイ仔魚の飼育は可能であると示唆された（第3章第1節）。ワムシ，アルテミアおよび配合飼料の3つの餌料を用いた餌料系列からアルテミアおよび配合飼料の2つの餌料を用いた餌料系列へ移行した。

生物餌料の栄養強化　ワムシおよびアルテミアの栄養強化方法を Table 9に示した。1982～1992年までは，これらの栄養強化には，ナンノクロロプシス *Nannochloropsis* sp. およびフェオダクチラム *Phaeodactylum* sp. が用いられた。特に，1988～1991年のワムシおよびアルテミアの栄養強化は，種苗へ給餌するまでそれぞれ2回ずつ施された。1996～1998年には，フェオダクチラムと市販の栄養強化剤の2種類を同時に使用したが，1999年以降では市販の栄養強化剤のみとなり，作業面についても，省力化が進められた。

生残率と単位生産尾数　生残率は重量法を用いて算出した取り揚げ尾数（以下，生産尾数）を収容尾数で除して推定した。大型水槽を用いた種苗量産では，生残率のほかに効率的な種苗生産の観点から，基準となる生産尾数を示す必要がある。そこで，本章では生産尾数を飼育水槽の容量で除して，1 kL あたりの生産尾数（以下，単位生産尾数）を年ごとに示した。なお，前述した餌料系列によって区分したⅠ期（1982～1993年），Ⅱ期（1994～1998年），Ⅲ期（1999～2004年）の生残率および単位生産尾数について，Kruskal-Wallis test を用いて餌料系列間で有意差検定した。差が認められた場合には Scheffe の *F*-test を用いて多重比較を行った（$P<0.05$）。各年の飼育期間が異なるため，生残率を直接比較することはできない。そのため，収容尾数 N_0，取り揚げ尾数 Nt，飼育期間 t の値を下記の式にあてはめて，瞬間死亡率 r から日間死亡率 d を推定し，日間生残率 s を導き比較した。

$$r = (\mathrm{Ln}\ N_0 - \mathrm{Ln}\ Nt) / t$$

$$d = 1 - \exp(-r)$$

$$s = 1 - d$$

全長測定および発育段階の観察　クロソイ仔稚魚の全長測定データおよび発育段階の観察につては，これらすべての標本が得られている1998～2003年のデータを用いた。全長については，飼育水槽から無作為に30尾の仔稚魚を採集して，飼育開始から5日間隔で測定した。発育段階については，5％ホルマリンで固定した標本を，永沢（2001）に従って5段階に分類し5日

間隔の推移を示した。すなわち，脊索後端が上屈していない前屈曲期仔魚をステージA，脊索後端が上屈中の屈曲期仔魚をステージB，脊索後端の上屈が完了してから，背鰭および臀鰭の最後部棘条が軟条の状態から棘化を開始し，色素胞パターンも稚魚期のものに変化を開始するまでの後屈曲期仔魚をステージC，背鰭と臀鰭の最後部棘条が棘へと変化を開始してから完全に棘となるまでの変態期仔魚をステージD，すべての軟条が成魚の定数に達し，稚魚としての色素胞パターンが完成した稚魚をステージEとした。なお，毎年2～4基の飼育水槽を用いてクロソイ種苗が生産されているが，各年における飼育成績は水槽間でほぼ同じ傾向を示したことから，全長の測定データおよび発育段階の観察結果は，各年の代表例として1群のデータを示した。

仔稚魚の死亡状況　仔稚魚の死亡状況を調べるために，飼育期間における死亡数の日変化および死亡個体の発育段階を調べた。死亡数については，1998～2003年の種苗生産における毎日の底掃除で得られた死亡個体を容量法により計数した。その値を前日の生残数で除した値を，日間死亡率とした。死亡個体の発育段階の観察については，2000～2003年に実施し5日間隔で

Table 10. Results of mass production breeding experiments in the black rockfish, *Sebastes schlegeli*

Year	Period	Number of tanks (50*kl*)	Initial		Final		Survival Rate (%)	Total length (mm)	Average rearing period (days)
			No. of fish (ind.)	No. of fish (ind. / *kl*)	No. of fish (ind.)	No. of fish (ind. / *kl*)			
1982	I	3	498,000	3,320	306,000	2,040	61.4	20.3	32.7
1983		3	543,000	3,620	294,000	1,960	54.1	N.D.	N.D.
1984		4	782,000	3,910	383,000	1,915	49.0	28.2	38.0
1985		3	1,054,000	7,027	453,000	3,020	43.0	28.4	42.0
1986		4	1,424,000	7,120	633,000	3,165	44.5	30.2	42.8
1987		3	1,165,000	7,767	499,000	3,327	42.8	32.1	44.3
1988		2	1,346,000	13,460	652,000	6,520	48.4	30.6	38.0
1989		4	2,631,000	13,155	774,000	3,870	29.4	25.3	33.5
1990		3	1,870,000	12,467	1,207,000	8,047	64.5	24.5	37.3
1991		3	1,659,000	11,060	667,000	4,447	40.2	26.6	39.0
1992		3	1,348,000	8,987	967,000	6,447	71.7	25.1	40.0
1993		3	3,642,000	24,280	1,305,000	8,700	35.8	24.3	41.0
	Ave.[1]			9,681		4,455	48.8	26.9	39.0
1994	II	3	1,569,000	10,460	899,000	5,993	57.3	26.2	39.0
1995		3	651,000	4,340	559,000	3,727	85.9	30.8	37.3
1996		3	1,680,000	11,200	1,257,000	8,380	74.8	28.4	40.7
1997		2	890,000	8,900	219,000	2,190	24.6	31.2	44.0
1998		3	1,302,000	8,680	777,000	5,180	59.7	29.4	43.7
	Ave.[1]			8,716		5,094	60.5	29.2	40.9
1999	III	2	1,080,000	10,800	444,000	4,440	41.1	31.8	46.5
2000		3	1,718,000	11,453	518,000	3,453	30.2	31.0	49.0
2001		3	1,500,000	10,000	749,000	4,993	49.9	33.8	43.3
2002		3	1,550,000	10,333	766,000	5,107	49.4	35.8	46.7
2003		2	1,034,000	10,340	828,000	8,280	80.1	28.8	40.5
2004		2	1,193,000	11,930	631,000	6,310	52.9	34.0	43.0
	Ave.[1]			10,809		5,431	50.6	32.5	44.8
Ave.[2]				9,766		4,848	51.8	28.9	41.0

N.D.: Not data

Ave.[1]:Average of all data

Ave.[2]:Average of all data from 1982 to 2004

Table 11. Developmental-stage composition (%) in larval and early juvenile *Sebastes schlegeli*

Year	Stage \ DAB[*1]	0	5	10	15	20	25	30	35	40
	A	100.0	3.3							
	B		96.7	100.0						
1998	C				13.3	3.3				
	D				86.7	96.7	100.0	10.0		
	E							90.0	100.0	100.0
	A	100.0								
	B		100.0	100.0	16.7					
1999	C				83.3	30.0				
	D					70.0	70.0	66.7	10.0	6.7
	E						30.0	33.3	90.0	93.3
	A	100.0								
	B		100.0	63.3						
2000	C			36.7	13.3					
	D				86.7	100.0	26.7			
	E						73.3	100.0	100.0	100.0
	A	6.7								
	B	93.3	100.0	93.3						
2001	C			6.7	40.0	6.7				
	D				60.0	93.3	30.0	6.7		
	E						70.0	93.3	100.0	100.0
	A	100.0								
	B		100.0	13.3						
2002	C			86.7						
	D				100.0	100.0	73.3	10.0	3.3	
	E						26.7	90.0	96.7	100.0
	A	60.0								
	B	40.0	100.0	40.0						
2003	C			60.0	3.3					
	D				96.7	100.0	80.0	10.0		
	E						20.0	90.0	100.0	100.0

[*1] DAB: days after birth

Table 12. Developmental-stage composition (%) in died larval and early juvenile *Sebastes schlegeli*

Year	Stage \ DAB[*1]	0	5	10	15	20	25	30	35	40
	A		90.0	83.3						
	B		10.0	16.7	93.3					
2000	C	N.D.			6.7	66.7				
	D					33.3	16.7	20.0	6.7	
	E						83.3	80.0	93.3	100.0
	A		93.3	86.7						
	B		6.7	13.3	90.0					
2001	C	N.D.			10.0	83.3				
	D					16.7	13.3	10.0	3.3	
	E						86.7	90.0	96.7	100.0
	A		90.0	93.3						
	B		10.0	6.7	83.3					
2002	C	N.D.			16.7	90.0				
	D					10.0	83.3	66.7	13.3	6.7
	E						16.7	33.3	86.7	93.3

[*1] DAB: days after birth

N.D.: Not data

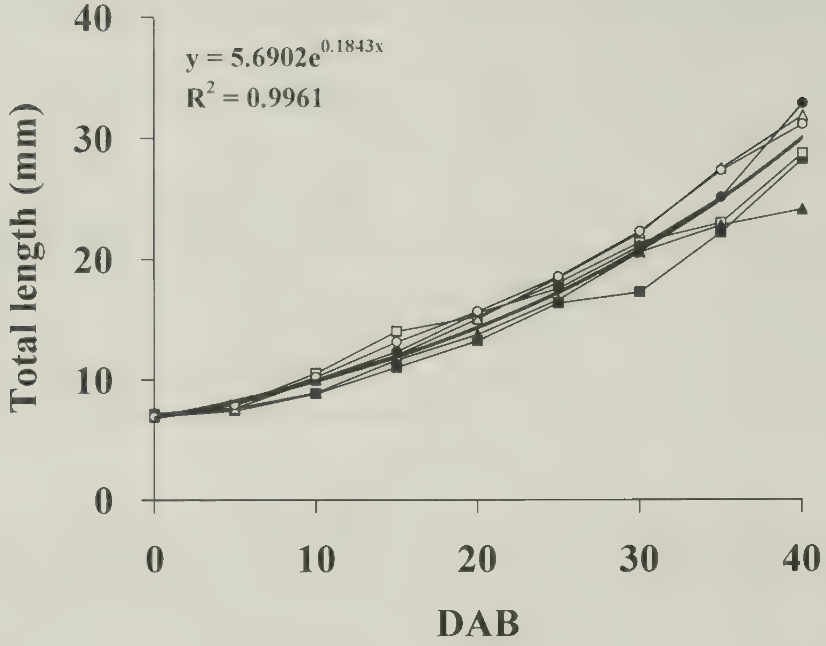


Fig. 16 Growth in total length of black rockfish. Closed squares indicate that 1998, open squares 1999, closed triangles 2000, open triangles 2001, closed circles 2002 and open circles 2003, respectively. Thick curve line shows the average of these years.

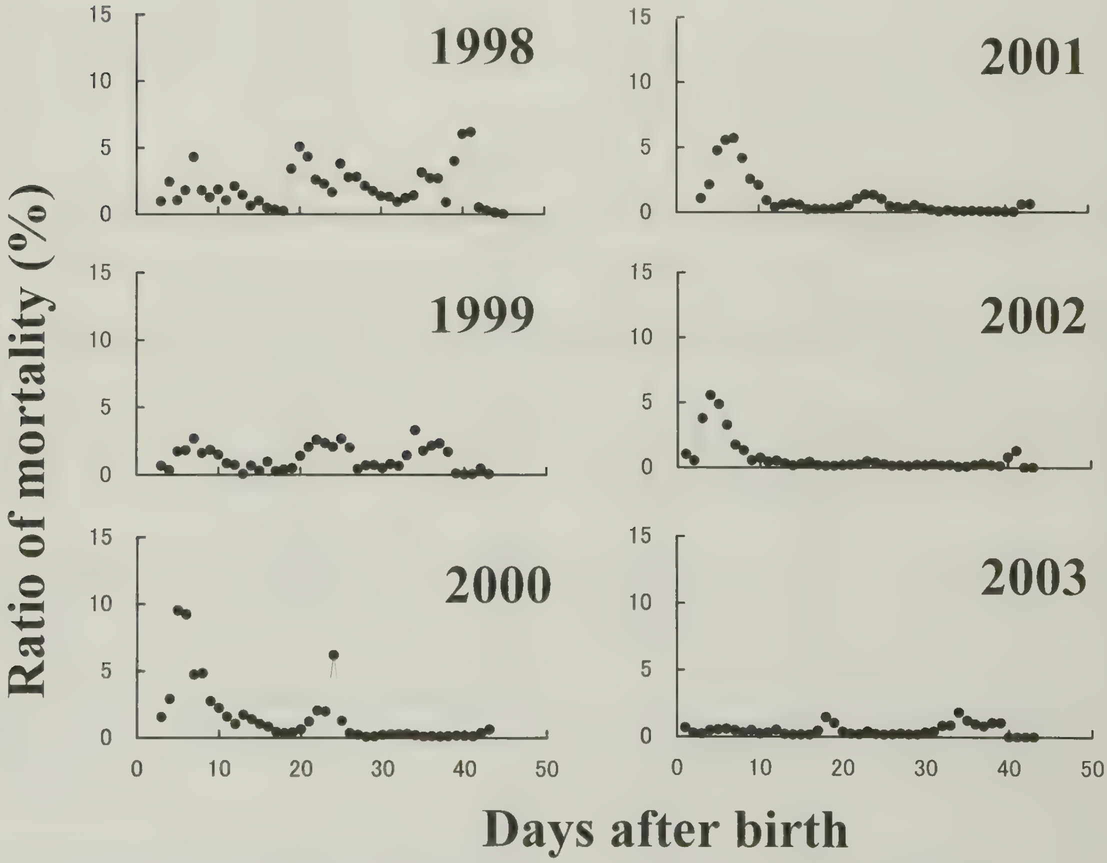


Fig. 17 Changes in the mortality rate per day of black rockfish larvae and juvenile from 1998 to 2003, respectively.

調べた。

結　果

生残率と単位生産尾数　生残率の平均（範囲）については，第Ⅰ期では48.8（29.4〜71.7 %），第Ⅱ期では60.5（24.6〜74.8 %），第Ⅲ期では50.6 %（30.2〜80.1 %）となり，餌料系列と生残率の間に有意差は認められなかった（P>0.05，Table 10）。すべての期間の生残率の平均は51.8 %であった。

単位生産尾数の平均（範囲）は，第Ⅰ期では4,455尾（1,915〜8,047尾），第Ⅱ期では5,094尾（2,190〜8,380尾），第Ⅲ期では5,431尾（3,453〜8,280尾）となり，餌料系列と単位生産尾数の間に有意差は認められなかった（P>0.05，Table 10）。すべての期間の単位生産尾数の平均は4,848尾であった。

全長の推移　クロソイ仔稚魚の全長の推移をFig. 16に示した。各日齢の全長の平均（± S.D）は，0日齢では7.0（0.2）mm，10日齢では9.7（0.7）mm，20日齢では14.4（1.3）mm，30日齢では20.6（1.9）mm，40日齢では29.3（3.7）mmとなり，全長（Y）と日齢（X）の間には $Y=5.6902e^{0.1843X}$（$R^2=0.9967$）の関係式が得られた。これらの値が宮古センターにおける本種の平均的な成長であることが明らかになった。

発育ステージの推移　1998〜2003年における仔稚魚の発育段階の推移を飼育例ごとに示した（Table 11）。0日齢の発育段階は1998〜2000年および2002年ではすべての個体がAステージであった。しかし，2001年および2003年では，Bステージに達した段階で出産された仔魚が認められた。5日齢では1998年を除くとすべてBステージであり，10日齢ではB〜Cステージ，15日齢ではB〜Dステージ，20日齢ではC〜Dステージ，25日齢ではD〜Eステージに達した。90 %以上の個体がステージEに達するのは概ね30日齢であった。また，各ステージの期間はAステージは5日，BおよびCステージは10日，DおよびEステージは15〜20日であった。

仔稚魚の死亡状況　1998〜2003年における死亡率の推移を飼育例ごとに示した（Fig. 17）。年によって若干のずれは観察されたが，概ね3〜7日齢（以下，前期），18〜25日齢（以下，中期），35〜40日齢（以下，後期）に死亡率の増加が認められた。1998〜2002年における時期ごとの死亡率の最大値の平均（範囲）は，前期では5.4 %（2.3〜9.5 %），中期では3.1 %（0.2〜6.2 %），後期では2.2 %（0.1〜6.2 %）であり，前期の死亡率が毎年高い傾向を示した。2003年には飼育期間中に高い死亡率は認められず，その最大値は1.8 %であった。

2000〜2002年における死亡個体の発育段階の推移をTable 12に示した。0日齢には底掃除を実施しなかったため，死亡個体の標本を得ることができなかった。5日齢および10日齢の死亡個体はA〜Bステージであり，生残している個体のB〜Cステージに比べると明らかに発育が遅れていた。これらの死亡個体は，口および脊椎骨に形態異常が認められ，すべての個体の消化管には餌料が認められない空胃状態を示した。15日齢以降の死亡個体は，生残している個体とほぼ同じ発育段階であり，消化管内には餌料が多量に認められ，5日齢および10日齢の死亡個体とは明らかに状況が異なっていた。また，2000年および2001年の25日齢には，生残している個体に比べて鰾が著しく膨満している個体が観察された。この死亡が認められる直前には，飼育水の表面に腹部を上にして不安定に遊泳する個体が観察された。30日齢以降では，共食いが観察された。

考　察

仔稚魚の死亡要因　1998〜2003年における死亡率の推移を調べた結果，年によってずれはあるが，概ね3〜7日齢（前期），18〜25日齢（中期），35〜40日齢（後期）の3つの時期に死亡率の増加が認められた（Fig. 17）。

前期の死亡個体には，口や脊椎骨の形態異常が認められた。また，この時期に生残している個体の発育段階は，1998年を除くとすべてBステージに達していた。しかし，死亡個体の83.3〜93.3 %はAステージであり，空胃状態で発育の遅れが認められた（Table 11, 12）。このことから，これらの仔魚は形態異常に伴う摂餌不良により死亡したと考えられる。2003年には，ほぼ同じ飼育方法にもかかわらず，前期の死亡率が極めて低かった（Table 12）。種苗生産に用いる仔魚には，毎年不安定に遊泳する個体が若干見られるが，2003年にはそれらがまったく観察されず，その後の死亡率についても極めて低かった。これらのことから，前期の死亡については，出産された仔魚の質に起因することが強く示唆され，親魚養成における餌料や飼育密度等の改善を図り，良質な仔魚を得るための技術開発を行う必要がある。

中期の死亡個体については，生残している個体の発育段階とほぼ同じDステージの変態期仔魚であった。消化管内には十分な餌料が観察され，前期とは異なる要因で死亡していると考えられる。これらの死亡個体は，鰾が著しく膨満し，飼育水の表面に腹部を上にし

て不安定に遊泳する個体が観察されている。この現象は他機関の本種の種苗生産においても報告されている（草刈，1995）。宮古センターでは，ニシンの種苗生産でガス病の発生が認められた（日本栽培漁業協会，2000）。2001年以降には，曝気した海水を飼育水に用いている。その結果，本種についても鰾の膨満する個体が減少したことから（Fig. 17），ガス病の可能性が強く示唆された。

後期の死亡個体については，共食いが観察されたことから，餌料不足が原因と考えられた。このように，本種の種苗生産工程では３つの死亡パターンが認められ，前期の死亡については仔魚の質，中期および後期については飼育方法に由来する要因が推察された。

クロソイの種苗量産の推移　大型水槽を用いた種苗生産の場合には，安定した生残率を得るための技術開発に加えて，効率的に生産することが求められる。宮古センターにおけるクロソイの種苗生産工程では，生物餌料のみを与えていたⅠ期，ワムシ，アルテミアおよび配合飼料を与えたⅡ期，アルテミアと配合飼料のみを用いたⅢ期に分類することができる。Ⅰ期には生物餌料の培養およびその確保に多大な労力を要していた。餌料系列と生残率，単位生産尾数の間には，有意差が認められなかった。このことから，宮古センターにおけるクロソイの種苗生産については，高い生残率を維持しつつ，より効率的な種苗生産方法に移行してきたことがわかる。一方，親魚養成，種苗生産および中間育成の各工程を経費の割合からみると，それぞれ33.4 %，43.6 %，16.8 %となり（中川ら，2006），種苗生産工程に占める割合が高い。また，種苗の単価を低減させるためには，生残率の向上が重要な検討項目の１つと考えられるが，本種の生残率は29.4～85.9 %の範囲で変動した（Table 10）。前期の死亡は年により変動が大きく，種苗生産期間の中でもその影響は大きいことから，この時期の死亡を抑制することが，本種の種苗生産の安定化および低コスト化を図る上で重要である。

第４章　中間育成と標識技術の開発

第１節　中間育成における飼育密度と給餌回数の検討

栽培漁業を成立させるためには，経済効果を含めた放流の効果を推定することが必要であり（岩本ら，1998），放流魚の水揚げ金額，いわゆる回収金額がその指標の１つと考えられている（北田，2001）。ヒラメでは経済回収率（回収金額／放流経費）を増加させるためには，放流までに掛かる経費の低減と放流魚の回収率の向上が重要とされ（岩本ら，1998），クロソイでも同様の検討が必要である

現在までに行われた本種の中間育成試験の多くは，生残率の向上を目的として実施されており（岩手県，1989；山田町，1994；福島県，1984；宮城県，1984），経費の低減化の方法を検討した事例は認められない。

本研究は，放流までに掛かる経費の低減を目的として，中間育成時における収容密度と給餌回数をそれぞれ組み合わせ，生残率，成長率，飼料効率および経費を試算して効率的な中間育成方法を検討した。

試料と方法

供試魚および試験設定　試験に用いたクロソイ種苗は，1998年に宮古センターで生産された65日齢の同一群で，全長（平均値±標準偏差，以下同様）は46.6±5.9 mm，体重は1.7±0.7 g であった。

飼育試験は100 kLRC 水槽を２面用い，１水槽あたり3.0×3.3×1.5 m（実水量10 kL）の小割網を３面設置し，計６面で行った。クロソイの収容密度は，従来宮古センターが基準としている中間育成密度200尾/kL を対照区とし，その２倍の400尾/kL 区，４倍の800尾/kL 区の３つの試験区を設定した。

１小割網あたりの収容尾数は，200尾/kL 区が2,000尾，400尾/kL 区が4,000尾，800尾/kL 区が8,000尾である。なお，1996～2000年の間に宮古センターがクロソイ種苗を配付した青森県，岩手県，宮城県の漁協等の延べ75機関における小割網を用いた中間育成時の平均収容密度は661尾/kL であり，本試験の設定範囲内となっている。

飼育密度別の３試験区に対して毎日午前９時に給餌する区（１回給餌区）と午前９時および午後３時の２回給餌する区（２回給餌区）の２つの試験区を設定し，合計６試験区とした。収容密度が200尾/kL で１日１回給餌した区を1-200区，同密度で２回給餌した区を2-200区，以下同様に1-400区，2-400区，1-800区，2-800区とした。なお，種苗を配付した機関の約80 %では，１日２回以上の給餌を行っている。

試験開始時の計数は重量法で行い，終了時の生残尾数は収容尾数から試験期間中の総死亡数を差し引いた値を用いた。

試験の開始は1998年７月22日であり，終了はいずれかの試験区でクロソイ種苗の平均全長が約80 mm に到達した日としたところ，９月２日となった(42日間)。試験期間中は１日約２回転の換水率を維持し自然水温下で飼育した。この間の平均水温とその範囲は，18.4（15.7～20.4）℃であった。各小割網にはエアースト

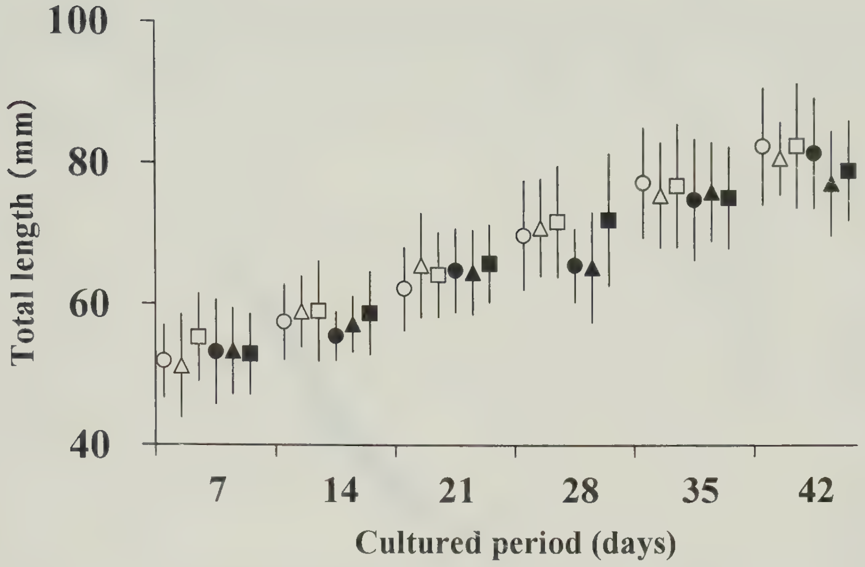


Fig. 18 Growth in total length of black rockfish. Open circles indicate 2-800 treatment, closed circles 1-800 tereatment, open triangles 2-400 treatment, closed triangles 1-400 treatment, open squares 2-200 treatment, closed squares 1-200 treatment. Vertical bars indicate S. D. of the mean.

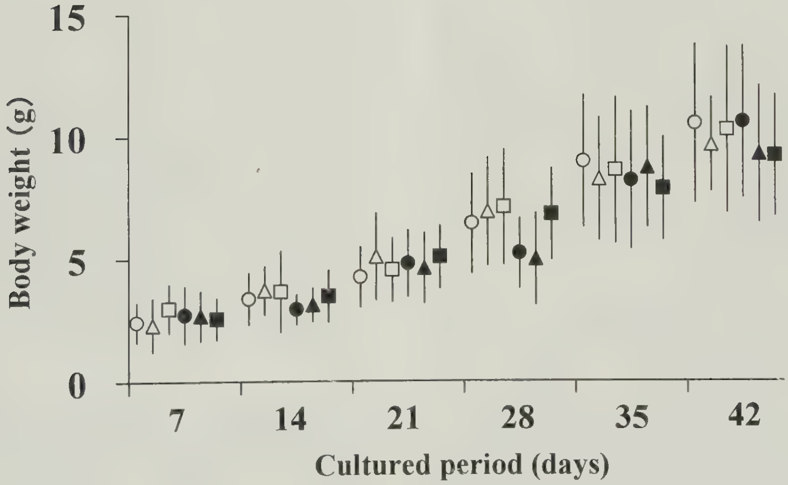


Fig. 19 Growth in body weight of black rockfish. Open circles indicate 2-800 treatment, closed circles 1-800 tereatment, open triangles 2-400 treatment, closed triangles 1-400 treatment, open squares 2-200 treatment, closed squares 1-200 treatment. Vertical bars indicate S. D. of the mean.

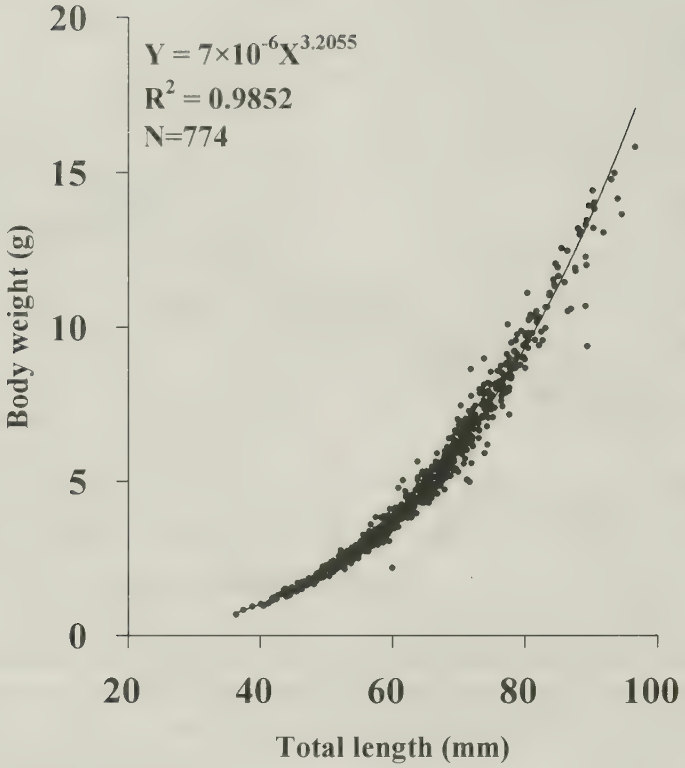


Fig. 20 Relationship between total length and body weight.

ンを1個ずつ投入して若干量の通気を行った。

餌は市販の配合飼料（ハマチ用クランブル：粗蛋白49％；坂本飼料製）を用い，毎回飽食するまで給餌した。本試験における飽食とは，クロソイ種苗が給餌した配合飼料に摂餌反応を示さなくなった状態とした。給餌量はあらかじめ計量してある配合飼料の重量から給餌の終了時の重量を差し引いて算出した。給餌している間は，水槽内の通気を止めて配合飼料が小割網から流出しないよう留意した。

日間成長率および飼料効率　試験開始から1週間ごとに各試験区の種苗を25尾ずつ無作為に抽出し，全長と体重を測定し，一元配置分散分析により試験区間の差の有無を検定した（$P<0.05$）。

試験開始時と終了時の体重から，日間成長率（式1）と飼育期間中の体重増加量に対する給餌量の割合である飼料効率（式2）を求めた。

日間成長率＝$(W_2 - W_1)/(D \cdot ((W_1 + W_2)/2)) \cdot 100$　　(1)

W_1：開始時体重（g）

W_2：終了時体重（g）

D：飼育日数

飼料効率＝$((W_2 - W_1) \cdot N_2)/Wf$　　(2)

N_2：取り揚げ尾数

Wf：総給餌量（g）

中間育成経費の試算　本試験で得られた成長，生残率および給餌量の値から中間育成経費を試算した。試算にあたっては中間育成の条件ごとに施設費や人件費が異なるため，試験区ごとにクロソイ1尾あたりの中間育成に掛かる経費を計算した。陸上水槽で中間育成する場合には，水槽の形状，揚水および通気設備等が各機関で異なり，施設費の試算が困難である。そのため，ここでの中間育成の経費は，一般的な海上筏と小割網を用いた場合を想定し試算した。また，中間育成の規模は10万尾の放流用種苗を生産することを想定した。

育成施設費　本研究で想定した育成施設は海上筏1基あたり1,322,565円（筏1基：6×6m；1,135,690円，小割網1張：6×6×5m；100,000円，碇4基；76,000円，ロープ類；10,875円）である。一般的に減価償却費は下記の式(3)であり，本報告では残存価格は0に設定した。

減価償却費＝(取得原価－残存価格)/耐用年数　(3)

育成施設1基あたりの減価償却費は，筏および碇の耐用年数を10年，その他を5年として計算すると143,344円となる。育成施設費は，減価償却費にクロソイ10万尾の中間育成に必要な筏の数を乗じて式(4)に

Table 13. Results of intermediate culture breeding experiments in the black rockfish

No.	Feeding frequency	Density (ind. ／ *kl*)	Total length (mm) Initial	Total length (mm) Final	Body weight (g) Initial	Body weight (g) Final	Total weight gain (g)*1	Total feeding (g) (g / ind.)	Dairy growth rate (%)*2	Feed conversion rate(%)*3	Survival rate (%)
1 - 200	1	200	46.6 ± 5.9	79.2 ± 7.1	1.7 ± 0.7	9.3 ± 2.5	15,200	9,241 (4.62)	3.3	1.6	100.0
1 - 400	1	400		77.4 ± 7.5		9.3 ± 2.8	30,400	20,083 (5.02)	3.3	1.5	100.0
1 - 800	1	800		81.8 ± 7.8		10.6 ± 3.1	71,200	41,477 (5.18)	3.5	1.7	100.0
2 - 200	2	200		82.8 ± 8.8		10.3 ± 3.4	17,200	12,326 (6.16)	3.4	1.4	100.0
2 - 400	2	400		81.0 ± 5.1		9.7 ± 1.9	32,000	25,379 (6.34)	3.3	1.3	99.9
2 - 800	2	800		82.8 ± 8.2		10.6 ± 3.3	71,200	47,436 (5.93)	3.4	1.5	100.0

*1 : Total weight gain = $(w_2 - w_1) \times N$, w_1: initial weight, w_2: final weight, N: number of fish

*2 : Dairy growth rate = $((w_2 - w_1) / d \times (w_1 + w_2)) \times 100$, w_1: initial weight, w_2: final weight, d: breeding day

*3 : Feed conversion rate = (initial total weight − final total weight) ／total amount of feed

Table 14. Estimate of expenses in intermediate culture of black rockfish juvenile

No.	Initial number of juvenile (ind.)	Number of raft	Required time for feeding operation (h)	Personnel expenses per day (yen)	Total personnel expenses (yen)*1	Total feed cost (yen)*2	Total facility cost (yen)*3	Total cost (yen)*4	Unit cost per ind. (yen)*5	Unit cost per size (mm, yen)*6
1-200	25,000	4	4	2,400	100,800	231,000	573,376	905,176	9.1	0.28
1-400	50,000	2	2	1,200	50,400	251,000	286,688	588,088	5.9	0.19
1-800	100,000	1	1	600	25,200	259,000	143,344	427,544	4.3	0.12
2-200	25,000	4	8	4,800	201,600	308,000	573,376	1,082,976	10.8	0.30
2-400	50,000	2	4	2,400	100,800	317,000	286,688	704,488	7.0	0.20
2-800	100,000	1	2	1,200	50,400	296,500	143,344	490,244	4.9	0.14

*1 $Ct \cdot Nr \cdot Ff \cdot D$, Ct : Personnel expenses per time, Nr : Number of raft, Ff : Frequency of feeding per day, D : Culturing period (42days)

*2 $Wf \cdot Cf$, Wf : Total feeding (Table13), Cf : Unit cost of food

*3 $((Cra + Ca)/10) + ((Cn + Cro)/5) \cdot Nr$, Cra : Cost of raft, Ca : Cost of anchor, Cn : Cost of cage, Cro : cost of rope, Nr : Number of raft

*4 *1+*2+*3

*5 *4／N_1, N_1 : Initial number of juvenile

*6 *5／$(L_2 - L_1)$, L_1 : Total length of start (Table13), L_2 : Totala length of finish (Table13)

Table 15. Estimate of expenses per juvenile from 40 mm TL to each size

No.	50mm	60mm	70mm	80mm	90mm	100mm
1-200	2.8	5.6	8.3	11.1	13.9	16.7
1-400	1.9	3.8	5.7	7.6	9.5	11.5
1-800	1.2	2.4	3.6	4.9	6.1	7.3
2-200	3.0	6.0	9.0	12.0	15.0	17.9
2-400	2.0	4.1	6.1	8.2	10.2	12.3
2-800	1.4	2.7	4.1	5.4	6.8	8.1

Unit: yen

より算出した

$C_1 = ((Cra+Ca)/10) + (Cn+Cro)/5) \cdot Nra$　(4)

C_1：育成施設費

Cra：筏の購入費用

Ca：碇の購入費用

Cn：小割網の購入費用

Cro：ロープ類の購入費用

Nra：筏の台数

人件費　育成施設1基あたりの1回の給餌時間を1時間と想定し，時間あたりの賃金は2001年の岩手県の雇用最低賃金（600円／時間）とした。人件費は前述した賃金に筏台数，給餌回数および飼育日数を乗じて式(5)により算出した。

$C_2 = Ct \cdot Nr \cdot Nf \cdot D$　(5)

C_2：人件費（円）

Ct：時間賃金（円）

Nr：筏の台数

Nf：1日の給餌回数

D：飼育日数

飼料費　各試験区の総給餌量を配合飼料の単価（0.5円／g）を乗じて式(6)により飼料費を算出した。

$C_3 = Wf \cdot Cf$　(6)

C_3：飼料費（円）

Wf：総給餌量（g）

Cf：配合飼料の単価（円／g）

各サイズに達するまでの中間育成経費の試算　一般に種苗の放流サイズが大きいほど放流後の生残率の向上が見込まれる一方で，中間育成経費の増加に伴う経済回収率の低下が懸念される。経済回収率を推定するうえでも，放流サイズごとの中間育成経費を知ることは重要である。このため，前述した試験区ごとの中間育成経費を各試験区の成長量（mm）で除し，全長1 mmあたりの成長に要した経費を式（7）により算出した。平均全長40 mmとして，全長1 mmあたりの成長に要した経費をそれぞれの全長と開始時の全長の差に乗じて式(8)により各サイズに達するまでの中間育成経費を試算した。

$C_4 = ((C_1+C_2+C_3)/(L_2-L_1))$　(7)

C_4：1 mmあたりの成長に要した経費（円）

L_1：収容時の全長（mm）

L_2：終了時の全長（mm）

$C_5 = C_4 \cdot (L-40)$　(8)

C_5：各サイズに達するまでの経費（円）

L：全長（mm）

結　果

成長および生残率　各試験区の生残率は2-400区が99.9，それ以外の区が100 %となり差はなかった（Table 13）。各試験区における全長および体重については，試験終了時に有意な差は認められなかった（$P<0.05$, Fig. 18, 19）。全長（TL, mm）と体重（BW, g）の間には$BW=7\times10^{-6}\times TL^{3.2055}$の関係式を得た（Fig. 20）。各試験区の日間成長率は，3.3～3.5 %となり差はほとんど認められなかった（Table 13）。

給餌量と飼料効率　各試験区における1尾あたりの給餌量は1日1回給餌区では4.62～5.18 g，1日2回給餌区では5.93～6.34 gであり，1回給餌区が2回給餌区に比べて1尾あたりの給餌量が少ない傾向がみられた（Table 13）。一方，飼料効率は全体で1.3～1.7の範囲内にあり，同じ給餌回数の試験区間では収容密度による差はみられなかった。しかし，同じ収容密度で給餌回数の異なる試験区を比較すると，1日2回給餌区が1回給餌区に比べて飼料効率が高い傾向を示した（Table 13）。

1日2回給餌区の3試験区では，1日の総給餌量に対する午前の給餌量の割合が約70（68.9～72.2）%であり，2回目の摂餌量は1回目と比べると明瞭に少な

Table 16. Changes in survival and mark retention rate in black rockfish using fin removal making method

Marking			1 month		3 months		6 months		12 months		24 months		
Date	Total length	Number	Survival rate	Mark retention rate	Survival rate	Mark retention rate	Survival rate	Mark retention rate	Survival rate	Mark retention rate	Survival rate	Mark retention rate	Total length
	(mm)		(%)		(%)		(%)		(%)		(%)		(mm)
22 Jul. 1998	41	100	98	100	98	100	98	99	95	97	95	97	261
18 Aug. 1998	58	100	100	100	100	100	100	100	97	100	97	100	258
7 Sep. 1998	82	100	100	100	100	100	100	100	96	100	95	100	262
13 Oct. 1998	98	100	100	100	100	100	100	100	99	100	97	100	268

かった。

中間育成経費およびサイズ別の種苗単価の試算
10万尾生産における各試験区１尾あたりの中間育成経費は，1-800区＜2-800区＜1-400区＜2-400区＜1-200区＜2-200区の順となり，飼育密度が高く給餌回数が少ないほど，１尾あたりの経費は低くなった（Table 14)。

それぞれの育成条件下で，全長40 mm から100 mm まで10万尾を中間育成した場合の１尾あたりの中間育成経費を10 mm ごとに Table 15に示した。平均全長100 mm まで育成した場合の経費を例にすると，1-800区が最も低い7.3円となり，2-200区が最も高い16.7円であり，その間には2.3倍の差が認められた (Table 15)。

考　察

効率的な中間育成方法　本試験の結果から飽食量を給餌すると，給餌回数を１日２回から１回に減らしても，生残率および成長率に差は認められず，経費についても安くなることが示唆された。また，１日に１回給餌する区は２回給餌する区に比べて飼料効率が高く，前者は単位給餌量あたりの成長率が高いことが示唆された。本試験において１日２回（午前９時と午後３時）給餌した場合，午前の給餌量は１日の総給餌量の約70 % であったのに対し，午後は約30 % と低くなった。池原・永原（1980）は本種の排泄率（全排泄に対する一定時間ごとの排泄の割合）を測定した。それによると水温18～20℃では摂餌から６時間後の排泄率は約10 %，24時間後では50 % である。これは摂餌した配合飼料の半分が24時間後も消化管内に残存していることを示しており，１日２回の給餌では午前に摂餌した飼料が十分に消化される前に，午後の餌を摂餌することとなる。

ニジマス *Oncorhynchus mykiss* では，１日６～７回の多回給餌を行うと２回の給餌に比べて増重が減少し，餌料効率も低く，時間，労力および飼料の浪費であることが指摘された（Robust，1934)。また，ペヘレイ *Odontesthes buariensis* でも，１日の給餌回数を１～５回の５段階に設定したところ，給餌回数が多いとニジマスと同様に飼料効率が低下した。しかし，無胃魚であるペヘレイでは，給餌回数が１日１回では摂餌量が不足することも指摘されている（戸田・関口，1991)。これらのことから，効率的な成長に必要な給餌回数は魚種によっても異なるが，クロソイにおいては１日１回給餌が適正であると考えられた。

本試験の結果，全長45 mm のクロソイ種苗を80 mm まで中間育成する場合，小割網への収容密度は200～800尾 /kL で成長および生残率に差がないことが示された。今後は収容密度を可能な限り高めることによって，水槽や小割網を最大限に有効利用し，さらなる低コスト化を図る必要がある。

泉川・植木（1995）は，本種を陸上水槽内で100～500尾 /kL の密度で飼育したところ，生残率は100 % で本試験と同様の結果を示した。しかし，日間成長率は1.13～1.17 %，飼料効率は0.95～1.01となり，両項目ともに本試験の結果を下回った。泉川・植木 (1995) の試験期間中の水温は12.2～18.2℃であり，本試験の15.7～20.4℃と比較すると低かった。クロソイの飼育では，日間摂餌率は25℃，日間成長率は22℃，飼料効率は20℃で最高値を示すことが報告されている（土田・瀬戸熊，1997)。このことから，泉川・植木（1995）の結果と本試験の結果の差の原因として，水温の影響が考えられる。本種の中間育成では，水温によって飼料効率，日間成長率が変化することを考慮する必要がある。また，陸上水槽で中間育成を実施する場合には，設備の能力により換水率が制約されることから，水質の悪化および疾病の防除対策を考慮して収容密度を決定する必要がある。

第２節　外部標識（腹鰭抜去標識）

種苗放流の効果を定量的に調査するためには，放流魚の識別が不可欠であり，魚市場に水揚げされた放流魚を外見から識別でき，脱落のない標識が求められる。宮古センターではこのような条件を満たすと期待される標識として腹鰭抜去法を用い，1989年以降は同法による標識放流と市場調査を組み合わせてクロソイの放流効果を推定してきた。腹鰭抜去法とは，左右いずれかの腹鰭をラジオペンチ等の器具を用いて鰭基部から引き抜いて標識とするもので，これまでにマダイ（北川ら，1983；高場，1986）やクロソイ（宮城県，1984）の放流試験において有効性が確認されている。一方，腹鰭の抜去作業は魚体に与える影響が大きいため，ハンドリングに弱い小型種苗にはほとんど適用されていない。宮古センターにおいても，クロソイ種苗への腹鰭抜去標識は全長90 mm 以上で実施されてきた。しかし，今後のクロソイ放流技術開発においては，放流経費の低減を図るため，放流サイズをできるだけ小さくすることが望ましい。

そこで，本研究ではサイズの異なる本種種苗に腹鰭抜去標識を施し，魚体への影響と持続性の両面から標識としての有効性を水槽内での飼育試験により検討した。

試料と方法

腹鰭抜去方法　試験には，1998年に宮古センターで生産されたクロソイ当歳魚を用いた。同一生産群の種苗500尾を平均全長30 mm（50日齢）で500 Lポリエチレン水槽に収容して飼育し，平均全長40 mm（60日齢），60 mm（90日齢），80 mm（120日齢），および100 mm（150日齢）に達した段階で，それぞれ100尾を無作為に抽出した。腹鰭抜去作業にはステンレス製の毛抜き（長さ12 cm，挟部の幅1.5 cm）を用いて，宮古センター職員2名で50尾ずつ計100尾を処理し，作業の所要時間を測定した。

標識の残存状況の観察　標識としての持続性を確認するため，平均全長40 mmで腹鰭抜去した群（以下，40 mm区），60 mmで腹鰭抜去した群（以下，60 mm区），80 mmで腹鰭抜去した群（以下，80 mm区），100 mmで腹鰭抜去した群（以下，100 mm区）をそれぞれ異なる500 Lポリエチレン水槽に収容して，腹鰭抜去後2年間の継続飼育を行った。腹鰭抜去から1，3，6カ月後，12カ月後および終了時に生残していたすべての個体について抜去した鰭の再生状況を観察した。それぞれの観察時に抜去した腹鰭が完全に再生した個体数を調べ，標識残存率（(観察個体数－腹鰭が完全再生した個体数)／観察個体数）を算出した。なお，標識残存の判断基準については，1：抜去した鰭がまったく再生していない，2：抜去した鰭が再生しているが識別は容易，3：抜去した鰭が90 %以上再生し識別困難，4：抜去した鰭が完全に再生し識別不可能の4段階に分類し，1および2は標識の残存個体，3および4は標識の消失個体とした。試験終了時には各試験区間の成長差を一元配置分散分析により検定した（$P<0.01$）。

結　果

標識の残存率　各試験区の腹鰭抜去時の平均全長は，40 mm区が41 mm，60 mm区が58 mm，80 mm区が82 mm，100 mm区が98 mmであり，多少のずれは認められたものの，ほぼ試験設定のサイズと一致した。標識残存率は試験開始後3カ月まで，すべての試験区で100 %であったが，40 mm区では6カ月後に99 %，1年後には97 %に低下した。60 mm区，80 mm区，および100 mm区では，試験終了時についても標識残存率は100 %であった（Table 16）。

生残率および成長　40 mm区では，腹鰭抜去を施した翌日に2尾の死亡が認められたが，それ以外の試験区では抜去の影響と考えられる死亡は発生しなかった。各試験区の試験終了時の生残率は40 mm区が

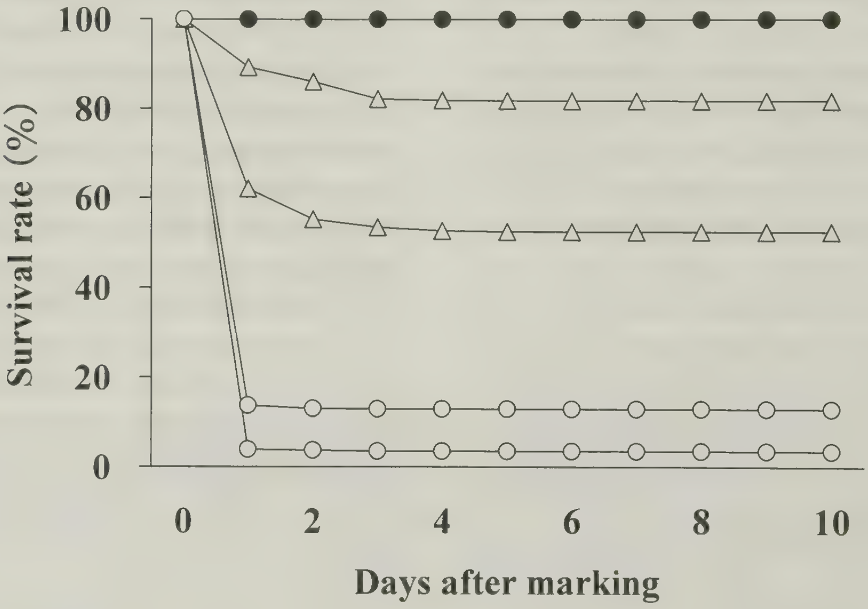


Fig. 21 Changes in survival rate of black rockfish at different concentration of alizarin complexone (ALC). Closed circles indicate 15 mg/L, open triangles indicate 30 mg/L, open circles 50 mg/L.

Table 17. Visibility of the mark pattern in juvenile black rockfish after otoliths immersion in alizarin complexone (ALC). Maximum duration of marking was 24 hours.

ALC Concentration (mg / l)	6 h	6 h	24 h	1 month	6 months	12 months	24 months
15	0	25	100	100	100	100	100
30	25	50	50	50	50	50	50
50	50	50	50	50	50	50	50

ALC mark visibility on otolith was evaluated as follows; 100: very good, 50: good, 25: faint, 0: absent.

95 %，60 mm 区が97 %，80 mm 区が95 %，100 mm 区が97 % となりいずれの区も高く，試験区間の差は認められなかった。

各試験区の試験終了時の平均全長は，40 mm 区で 261 mm，60 mm 区　で 258 mm，80 mm 区　で 262 mm，100 mm 区で268 mm となり，試験区間に有意な差は認められなかった。

腹鰭抜去標識の装着所要時間　各試験区の抜去作業に要した延べ時間は，4 mm 区が30分，60 mm 区が19分，80 mm 区が16分，100 mm 区が14分であった。100 mm 区の所要時間を基準とした場合，80 mm 区で1.14倍，60 mm 区で1.36倍，40 mm 区で2.14倍の時間を要し，サイズが小型になるほど作業効率は低下した。腹鰭抜去に要した時間を基に，作業員20人でクロソイ1万尾に装着する所要時間を試算した結果，クロソイの平均全長が100 mm の場合には70分，80 mm では80分，60 mm では95分，40 mm では150分となった。

考　　察

今回の試験により，クロソイ種苗では平均全長 40 mm の小型種苗に腹鰭抜去標識を装着しても，標識残存率，成長および生残の面から問題ないことが明らかになった。腹鰭抜去標識の小型種苗への適用が可能になると，放流までの育成期間は，100 mm で標識して放流する場合に比べて，80 mm ではおよそ 1 カ月，60 mm では 2 カ月，40 mm では 3 カ月の短縮が期待できる（Table 16）。飼育期間の短縮による経費や労力の節減効果は非常に大きいと考えられた。

今回の試験において，40 mm 区にのみ腹鰭抜去の影響と思われる死亡が認められたことから，小型サイズでは，魚体への負荷を軽減するよう注意を図る必要がある。また，サイズが小型になるほど作業時間を要したため，使用する毛抜きの大きさを魚体に合わせて小型化する等の工夫により，ある程度の作業時間の短縮は可能と考えられる。

宮古センターが岩手県山田湾で実施したクロソイ種苗放流試験では，放流魚の一部を 1 年間飼育して腹鰭抜去標識の残存率を推定した。その結果，1995年放流群（標識装着尾数は1.9万尾，装着時の平均全長は 102 mm）の残存率は76.0 %，1996年放流群（同 2 万尾, 102 mm）では83.9 %, 1997年放流群（同2.9万尾, 87 mm）では90.0 % であり，本試験結果より低い標識残存率であった。これはアルバイトを含む大勢の人員で大量の種苗に腹鰭抜去を行ったことで，不完全な抜去が生じやすくなったためと考えられる。年により残存率が変動したのは，抜去作業の精度が異なったためと考えられる。腹鰭抜去標識を実際の放流試験に適用する場合には, 抜去作業の精度が低下しないように, 作業者を訓練する必要があるが，大量処理を行う際の標識残存率のある程度の低下はやむを得ないであろう。従って，腹鰭抜去標識を用いて放流効果を推定する場合には，放流魚の一部を継続飼育して標識残存率により補正する必要がある。なお，本試験の40 mm 区で認められた標識残存率の低下は，腹鰭抜去後 1 年以内に発生し，同様の結果は宮城県（1988）でも認められている。このことから，腹鰭の再生の多くは抜去後 1 年以内におこることが示唆され，標識残存率の推定のための継続飼育は 1 年間が適当と考えられた。

また，正確な放流尾数を把握するためには，標識付け作業による死亡数を確認することが重要であり，標識付け直後の放流は避けることが望ましい。

今後は，小型種苗への腹鰭抜去標識を実際の放流試験に適用し，放流後の成長や魚市場での回収，継続飼育による標識残存率の推定を通して，本試験結果を検証する必要がある。

第 3 節　内部標識（ALC 標識）

前節で述べた腹鰭抜去標識は，基本的に左右 2 カ所

しか利用できないため，同一年度で放流至適条件（場所，時期，サイズ）等の検討を行うには，放流群を識別する新たな標識の装着が必要となる。

大河内（2006）は，放流効果の調査では，目的に適合した標識を用いることを提言し，それらの事例を紹介した。また，その中で外部標識と内部標識を組み合わせることで，それぞれの短所を補い，効率的な調査をすることが可能であることを示している。

内部標識の1つである Alizarin Complexone（ALC）標識は，アユ *Plecoglossus altivelis* で検討が開始され（Tsukamoto，1988），これまでにマダイやニシンなどの多くの魚類で耳石標識としての効果が認められている（桒田・塚本，1987；岡本ら，1993；Yamashita *et al.*，1994；大河内・千村，2001；松村，2005；友田・桒田，2006）。しかし，ALC 標識には，標識装着時における大量死亡の危険性（友田，2003）や高コスト（Blom *et al.*，1994；桒田・塚本，1989）などの問題が指摘されている。

本試験では，クロソイの腹鰭抜去標識に組み合わせる内部標識として，多くの魚種で実績のある ALC 標識を用いて試験した。今回は，ALC 標識を本種種苗へ安全に，かつ経済的に装着する技術を開発することを目的とし，3段階（15，30，50 mg/L）の浸漬濃度を設定して，試験区ごとの生残率や標識としての視認性および持続性を調べた。

試料と方法

試験区の設定および飼育条件　ALC を用いた耳石の標識方法には，給餌による経口投与（経口投与法）と溶液中に浸す（浸漬法）2通りの方法がある。経口投与法は，ALC を含んだ配合飼料を種苗へ給餌するため，ハンドリングによる影響は極めて少ない（高橋，1994）が，長期間 ALC を含んだ餌を与えなければならないうえに，摂餌状態によっては ALC の取り込みに違いが生じる可能性がある。このため，本試験では短期間で確実に ALC 標識が装着可能と考えられる浸漬法を採用した。

試験には2002年に宮古センターで生産された平均全長（± SD）45.2（0.8）mm のクロソイ種苗5,400尾を用いた。和光純薬工業製の ALC を用い，浸漬濃度を15，30，50 mg/L の3段階に設定した。試験区としてそれぞれ2水槽（100 L ポリカーボネイト水槽）を設定し，1水槽あたり900尾（10,000尾 /kL）の種苗を収容した。なお，試験は気温の影響を小さくするためウォータバス内で実施し，水温を15.3～15.5℃で管理した

供試魚の浸漬時間は24時間とした。排泄物等による飼育水の汚れを防ぐために，浸漬2日前から供試魚への給餌を中止した。なお，浸漬中の通気はブロアーのみで実施し，酸素は使用しなかった。浸漬終了後の飼育には砂ろ過海水を使用し，1水槽あたり3回転／日の割合で注水した。配合飼料（坂本飼料，海産ソフト餌付用 C）を換水開始後から毎日給餌した。浸漬開始から10日間100 L 水槽で飼育して生残率を確認した後，各試験区から30尾の供試魚を無作為に抽出して，500 L ポリエチレン水槽で2年間飼育した。500 L 水槽の飼育条件は100 L 水槽に準じた。なお，岩手県山田湾に本種種苗を放流すると，回収された放流魚の82.1～93.9 % が2歳までに魚市場へ水揚げされたことから（第5章第1節），標識の持続性を確認する期間は2年間で十分と考えられた。

標識の評価　ALC の標識としての評価は，生残率，持続性，視認性および種苗1尾あたりの標識単価の4項目から判断した。生残率は毎日の死亡個体を数え，最終的には試験開始後10日目にすべての供試魚を取り揚げて試験区ごとに示した。

標識の持続性は，浸漬開始から6時間，12時間，1カ月，6カ月，12カ月および24カ月後に各試験区から無作為に5個体を採集し，解剖によって得られた耳石（扁平石）を，落射型蛍光顕微鏡（Nikon ECLIPSE E400, G 励起フィルター BM520）下の観察から評価した。

標識の視認性は，標識の蛍光発色の度合いを「非常に明瞭で確認しやすい」，「確認できる」，「不明瞭で確認しにくい」，「確認できない」の4段階とし，それぞれに100，50，25，0の評価点を与える藤原（1999）の方法に従い，5個体の平均値を示した。

種苗1尾あたりの標識単価は，各試験区で使用した ALC の費用（1,000円 /g）を生残尾数の平均値で除して算出した。

結　果

生残率　試験区ごとの生残率の推移を Fig. 21に示した。15 mg/L では，2水槽ともに浸漬を開始してから24時間後までの死亡は1尾であった。

30 mg/L では，浸漬を開始してから24時間後までの死亡数が342尾および97尾，生残率はそれぞれ62.0 %，89.2 % であった。死亡個体は5日後まで認められ，10日後の生残率はそれぞれ52.4 %，81.7 % であった。

50 mg/L では，さらに死亡数が多くなり，浸漬を開始してから24時間後までの死亡数が777尾および865

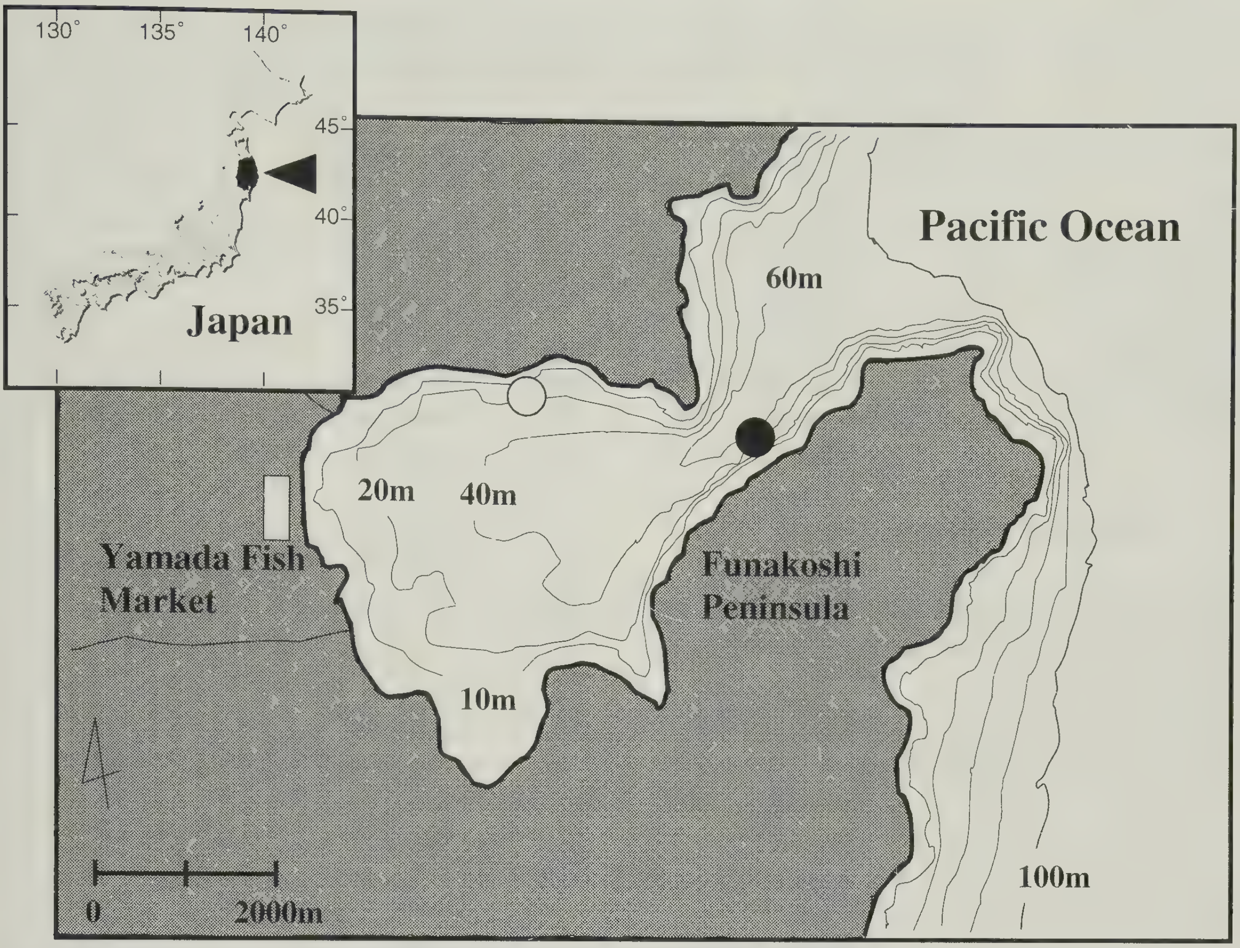


Fig. 22 Geographic features of Yamada Bay and the black rockfish release sites. The open circles indicate release sites used during 1989-1993; closed circles are those of 1994-1997.

Table 18. Release statistics of black rockfish in Yamada Bay

Year of release	Number released	Mean TL (mm)	Release site	Date of release	Marking method*1	Mark rate (%)	Fin regeneration rate (%)
1989	62,600	89	inside of bay	Oct.26	fin removal (L)	48.3	16.7*2
1990	180,200	81	inside of bay	Aug.31,Sep.18	fin removal (L)	50.4	16.7*2
1991	27,700	105	inside of bay	Oct.16	fin removal (L)	100.0	16.7*2
1992	0	-		-	-	-	
1993	59,000	98	inside of bay	Oct.7	fin removal (L)	100.0	16.7*2
1994	50,000	129	mouth of bay	Oct.27	fin removal (L)	100.0	16.7*2
1995	19,000	102	mouth of bay	Aug.31	fin removal (R)	100.0	24.0
1996	20,000	102	mouth of bay	Sep.7	fin removal (L)	100.0	16.1
1997	28,900	87	mouth of bay	Sep.4	fin removal (R)	100.0	10.0
Total(Average)	447,400	(99)				(87.3)	

*1(L): Left ventral fin, (R): Right ventral fin

*2 The average of mark regeneration rate from 1995 to 1997 was used.

Table 19. Changes in the mean total length and SD (in parentheses) of released black rockfish from 1995 to 1997 year classes at the Yamada Fish Market.

Age	Month	N	Total length(cm)
1	June	0	
	July	4	22.5 (1.9)
	August	14	22.4 (1.7)
	September	74	21.7 (1.2)
	October	536	22.1 (1.0)
	November	435	23.8 (1.4)
	December	455	24.4 (1.9)
	January	208	26.2 (2.2)
	February	14	26.9 (2.1)
	March	6	30.0 (3.2)
	April	11	30.0 (2.6)
	May	10	27.4 (3.1)
2	June	70	26.6 (3.1)
	July	32	27.7 (1.5)
	August	50	27.3 (2.5)
	September	29	27.0 (3.6)
	October	99	27.8 (3.5)
	November	177	30.3 (3.1)
	December	261	29.6 (2.8)
	January	111	31.5 (2.8)
	February	0	
	March	3	30.7 (1.2)
	April	9	35.8 (2.7)
	May	49	36.0 (3.2)

尾，生残率はそれぞれ12.9 %，3.4 % であった。死亡個体は2日後まで認められ，10日後の生残率は12.9 % および3.4 % であった。生残率は ALC 浸漬濃度の上昇にともなって低下した。

標識の視認性および持続性　耳石標識の装着状態を Table 17に示した。試験開始以降，6時間，12時間，24時間後の視認性の評価値は，150 mg/L が，0，25，100，30 mg/L 区が25，50，50，50 mg/L 区が，50，50，50となり，浸漬濃度が高いほど，短時間で耳石への標識装着の効果が認められた。しかし，「非常に明瞭で確認しやすい」を示す評価値100は，ALC 濃度が最も低い15 mg/L 区でのみ確認された。一方，各試験区における個体ごとの評価値にはバラツキが認められなかった。また，標識の持続性を確認するために実施した，1，6，12および24カ月後の観察では，すべての試験区について耳石の切断および研磨処理を施さなくても，ALC 標識を蛍光顕微鏡下で容易に確認することが可能であった。また，24カ月後までの視認性は15 mg/L 区において最も高かった。

種苗1尾あたりの標識単価　各試験の1水槽あたりに要した ALC の費用は，15 mg/L では1,350円，30 mg/L では2,700円, 50 mg/L では4,500円であった。これらの値をそれぞれの生残尾数の平均値で除した標識単価は，1.50円，4.47円，57.0円となり，15 mg/L 区は30 mg/L 区の1/3，50 mg/L 区の1/38の値を示した。

考　察

クロソイ種苗に適した ALC 浸漬濃度　全長45 mm のクロソイ種苗に，15，30，50 mg/L の濃度 ALC 標識を装着した結果，耳石の研磨処理等を施さなくても，2年後まですべての区で ALC 標識を確認することが可能であった（Table 17)。生残率，視認性および標識単価から評価すると，本試験の設定の範囲内では，ALC 濃度として15 mg/L が適していると判

断された。他魚種における ALC 浸漬濃度は，マダイでは80～160 mg/L（桒田・塚本，1989），ニゴロブナ *Carassius auratus grandoculis* では16～32 mg/L（藤原，1999）ヒラメ *Paralichthys olivaceus* では80 mg/L（Yamashita *et al.*，1994），マダラ *Gadus macrocephalus* では100 mg/L（門間・草刈，2001），スケトウダラ *Theragra chalcogramma* では25 mg/L（片倉ら，2003），ハタハタ *Arctoscopus japonicus* では40 mg/L（友田・桒田，2006）であり，クロソイに比べると高い値で設定されている。また，体長19 mm のマダイ種苗では50 mg/L から200 mg/L へ ALC の浸漬濃度を高めることにより，視認性が高まることが示されている（桒田・塚本，1987）。クロソイにおいて30 mg/L および50 mg/L の ALC 濃度では，24時間後の死亡数の増加が認められたことから，本種の ALC の適正濃度は他魚種より低く，その範囲は狭いと考えられる。一方，宮古センターでは2001年に50 mg/L，6時間の浸漬条件で ALC 標識を装着したが，浸漬後の死亡個体はまったく認められなかった（日本栽培漁業協会，2001）。本試験においても，浸漬開始から6時間および12時間後に供試魚をタモ網で採集して様子を調べたところ，すべての試験区で死亡個体は認められなかった。すなわち，30 mg/L および50 mg/L の ALC 濃度は，12時間以内の浸漬条件では生残率に影響を与えないと考えられ，浸漬濃度と浸漬時間の条件の組み合わせにより，生残率が著しく変化することが示唆された。

これらのことから，標識としての視認性および持続性に影響が認められない範囲で，ALC の浸漬濃度を下げることは，クロソイ種苗へ安全な標識の装着と放流種苗の単価の低減に大きく貢献すると考えられた。

今後の課題　マダイやトラフグなどでは ALC 標識を装着する体サイズによって，ALC の適正濃度が変化することが明らかにされている（桒田・塚本，1987；藤原，1999；松村，2005）。また，ハタハタでは ALC 供試液の pH を調整することで，耳石標識の視認性が高まることが示唆された（友田・桒田，2006）。さらに，マダイやカサゴなどでは耳石のほかに，鱗や背鰭棘についても ALC の標識効果が認められている（土地・今井，1993；中村・桒田，1994；岡本ら，1993）。本試験では全長45 mm のクロソイ種苗を用いて試験したが，体サイズごとの適正な ALC 濃度の把握，ALC 供試液の pH 調整の導入，15 mg/L 以下の ALC 濃度での有効性を本種についても調べることが，さらに効率的な ALC 標識の装着を実現するために必要である。また，本種についても耳石以外の鱗などで標識効果が確認されれば，ALC 標識を確認するために漁獲物を購入する必要もなく，大幅な経費の削減が見込めることとなる。

これまでの宮古センターにおけるクロソイの放流試験では，回収率や経済回収率を推定するために，腹鰭抜去標識を用いて，毎年1群を放流してきた（第4章第1節）。本試験によってクロソイ種苗における ALC 標識の有効性が確認されたため，本標識を腹鰭抜去標識と組み合わせて，放流サイズ，場所および時期といった条件設定を変えた複数放流群による比較放流試験の実施が可能となった。これらの放流手法の要素解明試験から得られる結果を基に，放流技術をさらに高めていくことが重要である。

第5章　放流効果調査技術の開発

第1節　岩手県山田湾に放流したクロソイの放流効果

宮古センターでは，1989～1997年まで岩手県山田湾を放流海域としてクロソイ種苗を放流した。放流効果を定量的に把握するには，魚市場に水揚げされた放流魚を調べる必要がある（岩本ら，1998）。そこで，魚市場に調査員を配置し，水揚げされたすべてのクロソイについて調べた。本章では1990～2000年の魚市場の調査結果から，クロソイの漁獲量，放流魚の移動，貢献率，回収率および経済回収率を推定してクロソイの放流効果を評価した。

試料と方法

種苗放流と標識装着　宮古センターで種苗生産されたクロソイ稚魚447,400尾を1989～1997年に岩手県山田湾へ放流した（Table 18）。なお，1992年には，種苗生産の不調により本種種苗が放流されなかった。放流した種苗の平均全長は，99 mm（81～129 mm）であった。標識には第4章第2節で述べた腹鰭抜去標識を用いた。1989～1994年および1996年放流群には左腹鰭抜去標識を，1995年および1997年放流群には右鰭抜去標識を装着した。1989年および1990年の2つの放流群にはついては，それぞれ放流した種苗の48.3 %，50.4 % に標識を装着した。それ以外の放流群にはすべての種苗に標識を施した。腹鰭抜去標識は，抜去が不完全であると鰭が完全に再生し，天然魚と識別できなくなる。そこで，1995～1997年放流群については，標識を装着した放流直前の種苗から無作為に100尾を抽出して，1年間陸上水槽で飼育して標識の残存率を調べた。なお，1989～1994年放流群については，1995～1997年放流群の標識の残存率の平均値を用いて回収尾数を補正した。

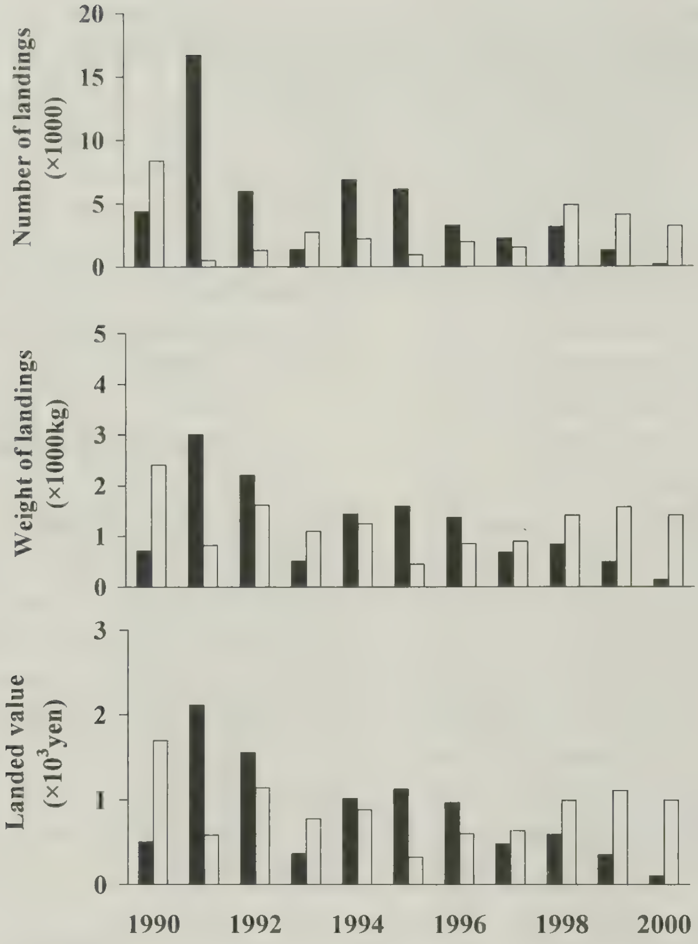


Fig. 23 Annual changes in the estimated catch in number, weight, and landed value of hatchery-reared and wild black rockfish landed at the Yamada Fish Market. Closed bars indicate released fish, open bars wild fish.

放流海域　放流した海域の山田湾は，岩手県の海岸線の中央に位置する円形の湾である。湾の直径が約4 km，湾口部の幅が1 kmと狭いため閉鎖的な形を呈している（Fig. 22）。湾の中央部から西側の沿岸部は砂浜域であるが，湾内の東側と湾口部および湾外はすべて岩礁域である。水深は湾の中央部で約40 m，湾口部で約60 mである。湾内の水温は，年間6～20℃の範囲で変動し，最低水温は2～3月に，最高水温は9月に観測される。1989～1993年の放流群は，山田湾内に放流された。しかし，これらの群では，放流直後から岸壁で多くの遊漁者による釣獲が確認されたため，1994～1997年放流群は，釣獲の影響がないと考えられた湾口部に放流した。放流場所と後述する回収率の関係を統計的に確認するため，得られた値は山田・北田（1997）に従い，逆正弦変換し，ANOVAを用いて2群間の差を検定した（$P<0.05$）。

市場調査　1990～2000年の11年間に山田魚市場で得られた水揚のデータを用いた。本研究では放流魚の移動についても調べるため，放流海域である山田湾周辺で漁獲されたクロソイが水揚げされる山田魚市場に加えて，山田湾の北側に隣接する宮古魚市場および山田湾の南側に隣接する船越魚市場の3カ所で同時に調査した。

これらの3つの魚市場に水揚げされるクロソイの漁獲範囲は，山田湾の北方50 kmから南方20 kmの連続した70 kmの沿岸域である。なお，宮古魚市場および船越魚市場については，1990～1994年の5年間のデータを用いた。各魚市場には，1名ずつの調査員を配置し，各魚市場のすべての開設日（年間約280日）に調査を実施した。調査項目は以下の3項目である。

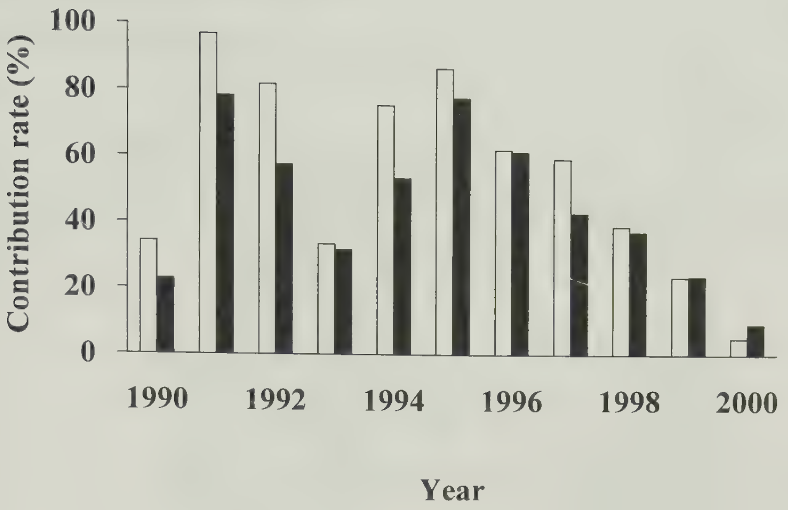


Fig. 24 Contribution rates of released black rockfish to total landings by number and weight. Closed bars indicate weight of released fish, open bars number of released fish.

1) クロソイはソイ・メバル類として他のメバル属魚類と混合して水揚げされるため，クロソイの形態的な特徴（涙骨の棘の数）を目安に分類した。

2) 腹鰭抜去標識の有無と鰭抜した鰭の位置を確認した。

3) 全長を測定した。

1989～1991年に山田魚市場に水揚げされたクロソイの測定データを用いて，*TL* (cm) と *BW* (g) の関係式 $BW=0.0113\times TL^{3.0965}$ (N=4,586, R^2=0.98, 7 ≦ *TL* ≦44 cm) を得た。漁獲重量は，この式を用いて推定された体重の積算値によって算出した。

1995～1997年放流群では，標識の位置と全長から年齢を特定することが可能である。しかし，毎年同じ位置に標識した1989～1994年放流群では，標識から年齢を特定できないため，以下の方法で年齢を推定した。

1995～1997年放流群の平均全長とその標準偏差を年齢別および月別に整理した（Table 19)。その値を大河内ら（1998）に従い，年齢別に分解した。本海域の漁獲の中心は１～２歳であるため，月別の平均全長とその標準偏差が得られる１歳および２歳魚をはじめに年齢分解し，残りを一括して３歳以上として分類した。平均全長と標準偏差が得られなかった月は，その前の月のデータを用いた。岩手県海域のクロソイの出産は，５～６月であるため（第２章第１節），本章のクロソイの年齢の加算日を６月１日とした。

貢献率，回収率および経済回収率の推定　貢献率を水揚げされたすべてのクロソイに対する放流魚の割合と定義し，水揚げ尾数および水揚げ重量ごとに示した。回収率は放流群ごとに回収された尾数を放流尾数で除した値であり，放流効果の直接的な評価の基準の１つである（岩本ら，1998)。経済回収率は，放流群ごとの水揚げ金額を放流経費で除した値であり，その値が1の場合には損益は等しくなる（北田，2001)。水揚げ金額の推定には，クロソイの単価が必要であるが，山田魚市場ではクロソイ単独の単価の記載がないため，ここでは1990～2000年のソイ類の平均単価（704円／kg）を使用し，各放流群の回収重量に乗じた。一方，放流種苗の全長（*X*，mm）と種苗単価（*Y*，円）の間には，$Y=0.1267X+4.5351$の関係式が得られている（中川ら，2006)。各放流群の放流尾数に種苗単価を乗じた値を放流経費とした。

結　果

放流魚の移動　1990～1994年の５年間の山田魚市場，宮古魚市場および船越魚市場に水揚げされた標識魚は，それぞれ18,740尾，1,782尾，４尾の合計20,526尾であった。このうち，漁獲の位置が明らかな定置網（42カ統）による水揚げ尾数は16,908尾であり，その99.3％にあたる16,787尾が山田湾の湾口周辺で漁獲された。これらの標識魚の全長範囲は13～50 cm で平均全長は24 cm であった。

水揚げ尾数，水揚げ重量および水揚げ金額の年変動　1990～2000年の間に山田魚市場へ83,207尾のクロソイが水揚げされ，全体の61.9％を占める51,512尾が放流魚であった。天然および放流魚の水揚げ尾数および水揚げ重量の年変動を Fig. 23に示した。放流魚

Table 20. Estimated number of returns and return rates of black rockfish released in Yamada Bay from 1989 to 1997.

Year of release	Number released	Number of returns (%)*			Total returns	Return rate (%)
		1+	2+	≧3+		
1989	62,600	4,372 (69.4)	1,802 (28.6)	124 (2.0)	6,298	10.1
1990	180,200	14,915 (75.0)	4,873 (24.5)	98 (0.5)	19,886	11.0
1991	27,700	983 (36.6)	1,271 (47.4)	429 (16.0)	2,683	9.7
1992	0					
1993	59,000	6,455 (71.2)	2,138 (23.6)	469 (5.2)	9,062	15.4
1994	50,000	4,012 (63.0)	1,844 (29.0)	508 (8.0)	6,364	12.7
1995	19,000	946 (53.8)	467 (26.6)	345 (19.6)	1,758	9.3
1996	20,000	1,249 (56.6)	694 (31.6)	263 (11.9)	2,206	11.0
1997	28,900	2,078 (63.8)	1,008 (31.0)	169 (5.2)	3,255	11.3
Total (Average)	447,400	35,010 (61.2)	14,097 (30.3)	2,405 (8.6)	51,512	(11.5)

*The percentage in number of returns by year class.

Table 21. Hatchery costs, landed value and economic return rates of released black rockfish in Yamada Bay.

Year of release	Release cost*1,2	Landed value of released fish*1(%)*3			Total landed	Economic return rate
		1+	2+	≧3+		
1989	1,360	503 (54.0)	349 (37.4)	79 (8.5)	932	0.68
1990	3,654	1,767 (56.5)	1,329 (42.5)	32 (1.0)	3,129	0.86
1991	681	145 (23.7)	329 (53.8)	137 (22.4)	611	0.90
1992	0					
1993	1,378	877 (50.8)	573 (33.2)	279 (16.1)	1,728	1.25
1994	1,446	552 (44.6)	540 (43.7)	145 (11.7)	1,237	0.86
1995	457	144 (29.3)	151 (30.8)	196 (39.9)	491	1.08
1996	481	181 (34.7)	190 (36.4)	151 (28.9)	522	1.08
1997	617	205 (40.8)	198 (39.4)	101 (20.1)	503	0.82
Total (Average)	10,074	4,375 (41.8)	3,659 (39.7)	1,119 (18.6)	9,153	0.91

*1 1000 yen.
*2 Nakagawa et al., 2006
*3 The percentage in landed value by year class.

の水揚げ尾数は，1991年には16,717尾に達し顕著に増加が認められたが，1993年には1,369尾となり減少した。さらに，2000年には，調査期間中の中で最低値の169尾であった。一方，天然魚の水揚げ尾数は，1990年に8,372尾であったが，それ以降1997年まで524～2,717尾の範囲内で増減を繰り返した。1998年には一時的に増加したが，それ以降再び減少傾向に転じた。調査年ごとの放流魚と天然魚の水揚げ尾数の間には，特定の関係は認められなかった（N=11，r^2=0.46，P>0.05）。

放流魚の貢献率，回収率および経済回収率　水揚げ尾数の貢献率の平均値（範囲）は54.4 %（5.0～97.0 %），水揚げ重量では45.2 %（9.2～78.4 %）であった（Fig. 24）。放流尾数と放流した翌年の貢献率の間には，有意な正の関係が認められた（N=11，R^2=0.86，P<0.01）。

湾内に放流した群の回収率の平均（範囲）は，11.6 %（9.7～15.4 %），湾口部に放流された群の回収率の平均（範囲）は11.1 %（9.3～12.7 %）であり，両者の回収率の間に有意差は認められなかった（P>0.05，Table 20）。各放流群のすべての回収尾数に占める1歳魚の平均の割合（範囲）は61.2 %（36.6～75.0 %），2歳では30.3 %（23.6～47.4 %），3歳では8.6 %（0.5～19.6 %）となり，1歳魚の回収が最も高い割合を示した。

各放流群の経済回収率の平均（範囲）は0.91（0.68～1.25）であった（Table 21）。8放流群のうち3放流群（1993年，1995年，1996年）は1を超えたが，そ

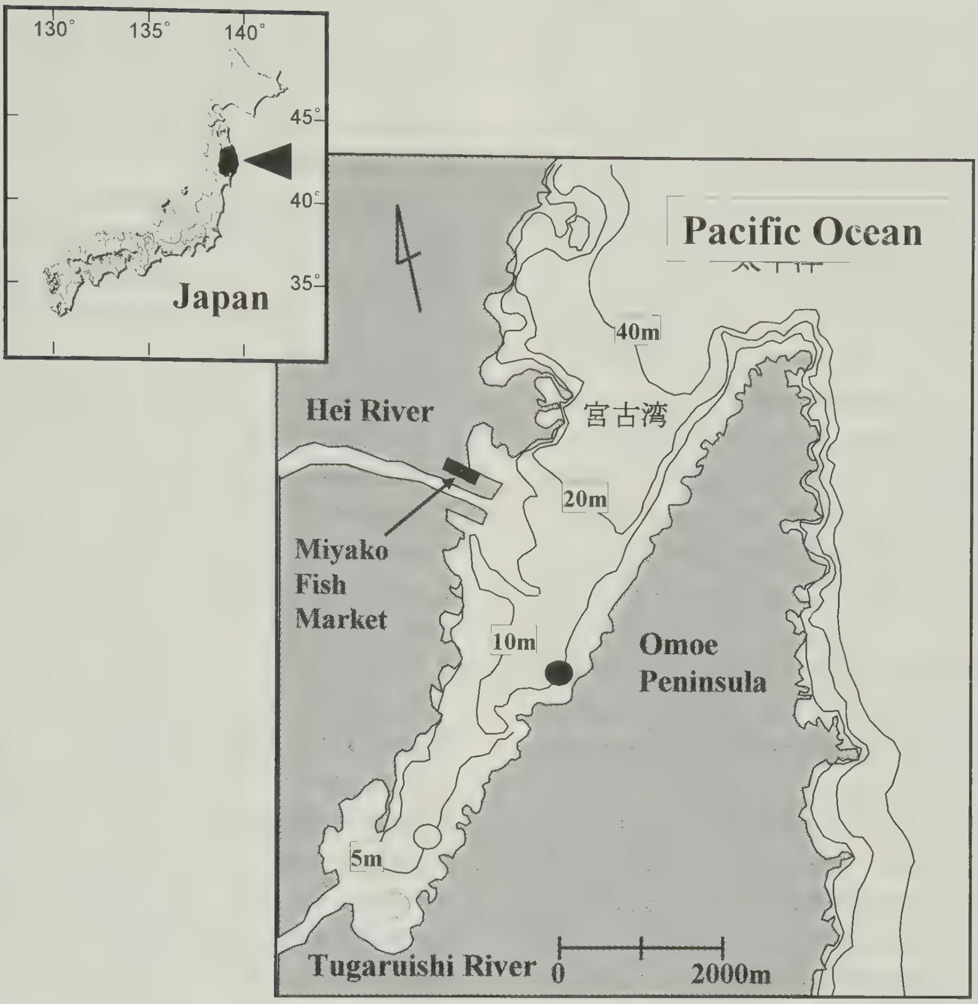


Fig. 25 Geographic features of Miyako Bay and the black rockfish release site and sampling area. The closed circle indicates release site, open circle sampling area.

の他の放流群では1未満であった。各放流群の総回収金額に占める1歳魚の割合の平均（範囲）は41.8％（23.7～56.5％），2歳では39.7％（30.8～53.8％），3歳では18.6（1.0～39.9％）となり，1歳と2歳の回収金額はほぼ同じ値を示した。

考　察

山田湾に放流された8つの放流群の回収率は，9.3～15.4％の範囲と推定され，ほぼ安定した回収率が得られた。他の海域における本種の回収率は，福井県では0～0.3％，青森県では0.2～6.5％，新潟県では0.1～2.3％，北海道の寿都湾では2.7～13.4％，宮城県の志津川湾では1.3～15.1％である（北海道・青森県・宮城県・新潟県・福井県，2000）。山田湾と寿都湾および志津川湾に放流したクロソイの回収率は比較的高い値を示した。この3つの海域は，湾内に放流され，青森県，新潟県および福井県では，外洋に近い環境下で放流されている。本種の成魚は，概ね水深10～100ｍの外洋に面した岩礁域に生息している。しかし，出産期になると雌親魚のみが湾内の浅瀬に移動して出産する（中川，未発表）。また，放流魚のほとんどが山田湾の湾口周辺の放流海域近くで漁獲された。さらに，本種稚魚は，湾内の浅瀬の藻場を利用していることが報告されている（佐々木ら，2002；第5章第2節）ことから，本種は湾とその周辺域を単位として生活史が完結している可能性が考えられる。従って，本種の栽培漁業において高い回収率を得るためには，山田湾，寿都湾，志津川湾のような湾を利用した種苗放流の有効性が示唆された。

一方，他種における回収率は，ヒラメでは0～32％（Ishino，1999；Okouchi *et al.*，1999；Yamashita

and Yamada, 1999), マダイでは8～12％(今井, 1996) である。高い放流効果を得るためには, 放流する最適なサイズ, 場所, 時期をそれぞれについて調べることが重要である (Yamashita and Yamada, 1999)。湾内と湾口部の2カ所にそれぞれ放流した群の回収率には有意差は認められなかった (P>0.05)。しかし, 湾内に放流した群では, 放流直後から遊漁者による釣獲が認められ, 放流場所を湾口部に移した経緯がある。小野寺ら (2001) は, 志津川湾では魚市場へ水揚げされた数の2.7倍のクロソイが遊漁者などによって魚市場を通さず漁獲されたことを報告した。この海域では1991年をピークにクロソイの水揚げ量が急減したが, この原因が環境収容力等を通した生態学的な機構にあるのではなく, 市場外流通の急増であることを明らかにした。本研究では, 湾内放流の有効性が示唆されたが, 天然魚を含む稚魚や若齢魚の保護・管理が求められる。

栽培漁業を経済的に成立させるためには, 経済回収率を調べる必要がある (岩本ら, 1998; Okouchi *et al.*, 1999; 2004)。他種における経済回収率の平均 (範囲) は, ホタテガイでは27.9 (0.5～310.2), シロサケでは9.8 (7.0～11.8), マダイでは5.1 (3.3～8.2), ヒラメでは2.1 (0.5～3.6) である (北田, 2001)。本種の経済回収率は0.68～1.25となり, 8つの放流群のうち5つの放流群で1以下を示し, 栽培漁業として経済的に自立できる効果は得られなかった。これは, 本種の水揚げ単価が704円/kgであり, ヒラメの2,235円/kg (岩本ら, 1998), マダイの4,380円/kg (今井, 1997) に比べて安価なことが主因である。本種の水揚げ金額を増加させるためには, 魚価の低い1歳魚を保護し, 2歳魚以降で漁獲するなどの漁獲管理の導入も, 今後検討しなければならない

山田湾に放流したクロソイでは, ほぼ安定した高い回収率が期待できるが, 事業として成立する経済回収率は得られなかった。しかし, 志津川湾に放流したクロソイでは, 栽培漁業の成功により資源が増加したため, 本種が漁業だけでなく市場を通さずに流通する活魚や主要な遊漁の対象種となった (小野寺ら, 2001)。日本では栽培漁業に対して遊漁などの経済効果が評価されていないため (山下, 1999), 今後これらを含む栽培漁業の評価が必要になるであろう。

第2節　放流サイズが回収率に与える影響

放流効果の指標の1つである回収率を高めるためには, 最適な放流サイズ, 放流場所および放流時期などを調べることが重要である (Yamashita and Yamada, 1999)。しかし, 本種の放流は概ね10 cmで実施され (第5章第1節), 放流サイズや放流時期を変えて, 魚市場における回収率を比較した研究は認められない。

そこで, 本章では放流サイズに着目し, これまで実施されてきた10 cmを対照群として, 全長8, 6, 5 cm群をそれぞれ放流し, 放流サイズが魚市場の回収率に与える影響を調べた。さらに, 漁獲加入する以前の0歳魚の放流魚の情報を得るために, カゴ網調査を併せて実施した。カゴ網で採集された放流魚と魚市場に水揚げされた放流群ごとの割合を比較し, 放流魚の減耗時期を推定した。

試料と方法

放流種苗と標識　宮古センターで生産されたクロソイ稚魚93,500尾を1999～2001年の間に岩手県宮古湾へ放流した。毎年全長10 cmの放流群を対照として,

Table 22. Release statistics of black rockfish in Miyako Bay

Year of release	Number released	Total length (cm)	Date of release	Marking method		Mark rate (%)	Fin regeneration rate (%)
				External[*1]	Internal[*2]		
1999	12,400	9.3 ± 0.8	31 Aug.	fin removal (L)		100.0	12.1
1999	11,800	8.0 ± 0.9	20 Aug.	fin removal (L)	ALC	100.0	14.9
2000	14,800	9.5 ± 1.2	8 Sep.	fin removal (R)		100.0	20.7
2000	15,000	6.2 ± 0.5	4 Aug.	fin removal (R)	ALC	100.0	12.1
2001	21,000	9.5 ± 0.9	7 Sep.	fin removal (L)		100.0	24.7
2001	18,500	4.8 ± 0.3	16 Jul.	fin removal (L)	ALC	100.0	19.1
Total	93,500						

*1 (L): Left ventral fin, (R): Right ventral fin

*2 ALC (Alizarin Complexone, Concentration 15mg / *l*)

1999年には8 cm，2000年には6 cm，2001年には5 cmをそれぞれ試験群として設定した。腹鰭抜去とALC標識を用いてそれぞれの群を識別した（Table 22）。1999年および2001年の放流群は左腹鰭抜去，2000年は右腹鰭抜去によりすべての放流魚に標識を施し，腹鰭の抜去部位と全長から放流年を特定できるようにした。なお，腹鰭の再生率の調査を第5章第1節に従って調べた。同一年に放流されたサイズの異なる2放流群を識別するため，試験群には腹鰭抜去標識に加えて，第4章第3節の方法に従ってALC標識を装着した。

放流海域　放流した海域の宮古湾は，岩手県のほぼ中央に位置し，湾口部の幅が5 km，奥行き10 kmの奥深い内湾である（Fig. 25）。湾の北側は漁港整備による人工構造物が多いが，湾の南側および湾の奥部には藻場と干潟が広がっている。湾口部から湾外はすべて岩礁域であり，水深は湾中央部で約10 m，湾口部で40 mである。湾内の水温は，年間6～22℃の範囲で変動し，最低水温は2～3月に，最高水温は8～9月に観測される（日本栽培漁業協会，1999b）。クロソイ種苗は，すべて宮古湾内の中央部の水深約8 mの場所に放流した（Fig. 25）。

市場調査　2000～2004年の5年間に宮古魚市場で得られた水揚げのデータを用いた。魚市場には1名の調査員を配置し，魚市場のすべての開設日（年間約280日）に調査を実施した。調査項目および漁獲重量の推定方法は，第5章第1節と同様である。

カゴ網調査　漁獲加入する以前の0歳魚の放流魚の情報を得るために，カゴ網（直径80 cmの円錐形）を用いた採集調査を2000年1月～2002年3月まで，1～2回／月の頻度で実施した。カゴ網の設置場所は，宮古湾奥部の藻場が繁茂する水深2～5 mの地点である（Fig. 25）。採集された放流魚については，耳石（扁平石）を取り出し，耳石の年輪によって年齢を査定した。0歳魚と判断された放流魚についてはALC標識を確認し，採集されたすべての放流魚に占めるALC標識魚の割合を調べた。また，放流魚と天然魚の全長を比較した。

魚市場における標本の購入調査　同一年内に放流された2つの群の回収率を比較するためには，魚市場に水揚げされたそれぞれの放流群の回収尾数を推定しなければならない。そこで，2000年9月から2003年の3月まで，1～2週間ごとに宮古魚市場に水揚げされた放流魚20～30尾を購入した。放流魚についてはALC標識を確認し，すべての放流魚に占めるALC標識魚の割合を調べた。また，放流魚と天然魚の全長を比較した。

放流群ごとの回収尾数の推定　腹鰭抜去標識の位置と全長から放流年を特定し，放流年ごとの回収尾数を算出した。購入調査で得られたALC標識魚の割合から，同一年内に放流された2つの群の回収尾数を推定し，それぞれの群の標識再生率を用いて回収尾数を補正した。クロソイの年齢の加算月は，第5章第1節と同様に6月1日とした。カゴ網で採集された個体は0歳魚を，市場購入個体は1歳魚を分析の対象とした。

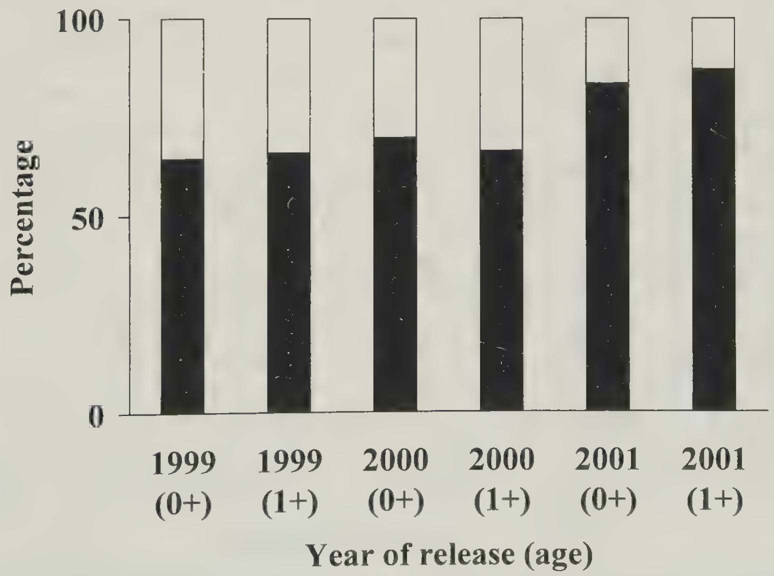


Fig. 26 Percentage composition of recaptured two groups with different size at release.

回収率および経済回収率の推定　第5章第1節と同様の方法で推定した

統計処理　カゴ網および魚市場で購入した放流魚と天然魚の全長の平均値の差は，Kruskal-Wallis test を用いて検定した。差が認められた場合には，Scheffe の *F* test を用いて多重比較を行った（$P<0.05$）

結　果

カゴ網および魚市場における標本調査　カゴ網調査および魚市場の購入調査で得られた結果を Fig. 26と Table 23に示した。0歳（カゴ網）および1歳（魚市場）における放流サイズの異なる2つの放流群の割合は，ほぼ一致した。また，0歳および1歳時の全長についても，2つの放流群の間に有意差は認められなか

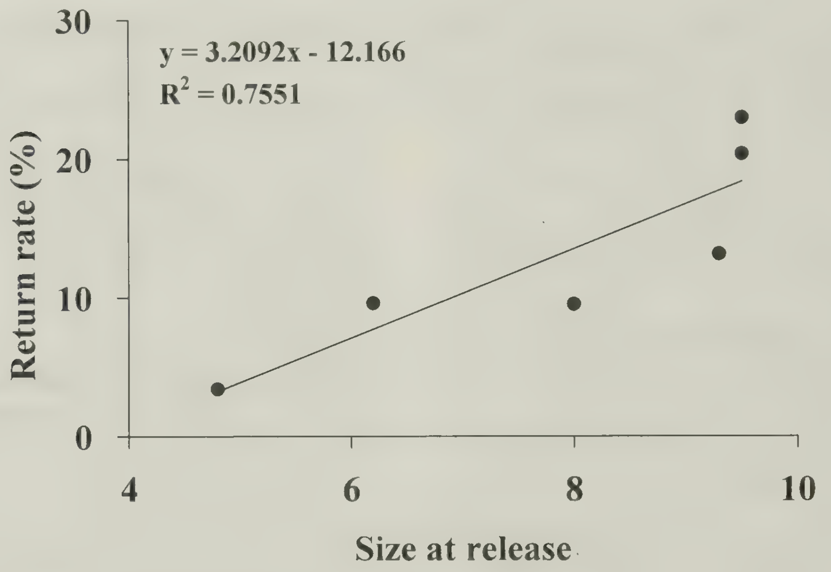


Fig. 27 Relationships between size at release and return rate of black rockfish at Miyako Fish Market.

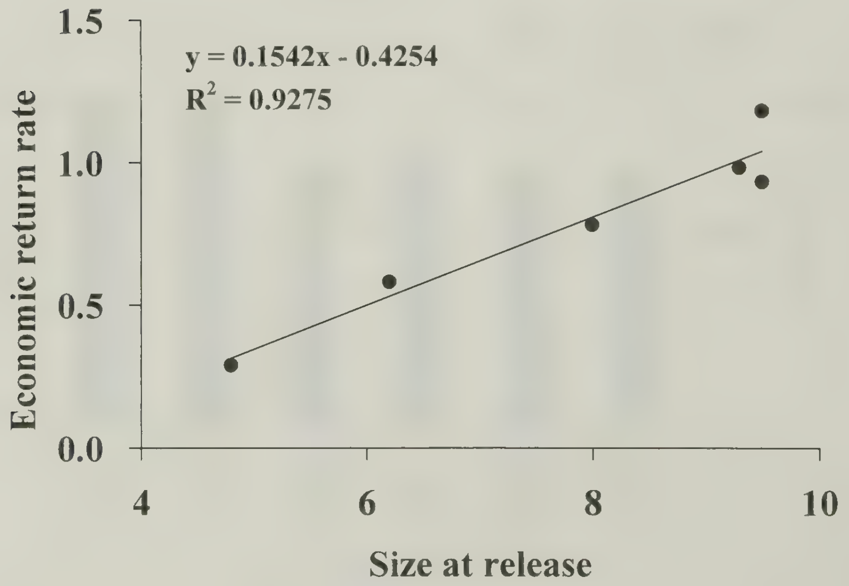


Fig. 28 Relationships between size at release and economic return rate of black rockfish at Miyako Fish Market.

Table 23. Number and total length of released and wild black rockfish caught by cage-net sampling and from fishmarket samoling

Year of release	Release		Recapture			
			Cage net sampling (0 year old)		Fish Market (1 year old)	
	Number	Total length (cm)	Number	Total length (cm)	Number	Total length (cm)
1999	12,400	9.3 ± 0.8	56	16.3 ± 1.3	194	22.1 ± 3.4
1999	11,800	8.0 ± 0.9	31	15.8 ± 1.4	125	21.2 ± 3.4
1999-wild fish			101	15.7 ± 2.0	257	20.1 ± 4.0*
2000	14,800	9.5 ± 1.2	78	11.4 ± 1.8	203	20.1 ± 3.4
2000	15,000	6.2 ± 0.5	34	10.8 ± 2.4	102	19.8 ± 2.5
2000-wild fish			352	11.3 ± 3.2	489	19.8 ± 3.4
2001	21,000	9.5 ± 0.9	10	11.6 ± 1.9	273	21.2 ± 2.4
2001	18,500	4.8 ± 0.3	2	9.0 ± 1.7	41	20.2 ± 1.9
2001-wild fish			69	10.6 ± 2.3	346	22.1 ± 2.7*

Asterisks indicate significant difference between the other groups in the same year class.

Table 24. Estimated number of returns and return rates of black rockfish released in Miyako Bay from 1999 to 2001

Year of release	Number released	Total length at release (mm)	Number of returns (%)[a]			Total returns	Return rate (%)
			1+	2+	≧3+		
1999	12,400	9.3 ± 0.8	1,445 (84.5)	206 (12.0)	59 (3.5)	1,710	13.8
1999	11,800	8.0 ± 0.9	923 (82.5)	168 (15.0)	28 (2.5)	1,119	9.5
2000	14,800	9.5 ± 1.2	2,736 (91.2)	209 (7.0)	55 (1.8)	3,000	20.3
2000	15,000	6.2 ± 0.5	1,327 (91.9)	93 (6.4)	24 (1.7)	1,444	9.6
2001	21,000	9.5 ± 0.9	4,211 (87.7)	510 (10.6)	81 (1.7)	4,802	22.9
2001	18,500	4.8 ± 0.3	579 (91.3)	44 (6.9)	11 (1.7)	634	3.4
Total (Average)	93,500		11,221 (88.3)	1,230 (9.7)	258 (2.0)	12,709	

[a]The percentage in number of returns by year class.

Table 25. Hatchery costs, landed values and economic return rates of released black rockfish in Miyako Bay

Year of release	Release cost[a,b]	Landed value of released fish[a](%)[c]			Total landed value[a]	Economic return rate
		1+	2+	≧3+		
1999	278	192 (70.3)	68 (24.9)	13 (4.8)	273	0.98
1999	237	123 (66.8)	53 (28.9)	8 (4.3)	184	0.78
2000	337	235 (75.3)	53 (17.0)	24 (7.7)	312	0.93
2000	253	114 (77.0)	24 (16.2)	10 (6.8)	148	0.58
2001	479	436 (76.9)	97 (17.1)	34 (6.0)	567	1.18
2001	265	60 (76.9)	13 (16.7)	5 (6.4)	78	0.29
Total (Average)	1,849	1,160 (74.3)	308 (19.7)	94 (6.0)	1,562	

[a]1000 yen.

[b]Nakagawa et al., 2006

[c]The percentage in landed value by year class.

った。一方，放流魚と天然魚については，0歳時には有意差は認められなかったが，1999年および2001年の1歳では有意差が認められた。

放流サイズごとの回収率および経済回収率 各放流群の回収率を Table 24に示した。宮古湾に放流した10 cm 群の回収率の平均（範囲）は19.0 %（13.8〜22.9 %）であった。試験群の回収率は，8 cm 群では9.5 %，6 cm 群では9.6 %，5 cm 群では3.4 %であった。放流全長（X）と回収率（Y）の間には，Y=3.2092X-12.166（r^2=0.7551, P<0.05）の関係が得られた（Fig. 27）。

各放流群の経済回収率を Table 25に示した。10 cm 放流群の経済回収率の平均（範囲）は，1.03（0.93〜1.18）となり1を超えた。試験群の経済回収率は，8 cm 群では0.78，6 cm 群では0.58，5 cm 群では0.29であった。放流全長（X）と経済回収率（Y）の間には，Y=0.1542X-0.4254（R^2=0.9275, P<0.05）の関係が得られた（Fig. 28）。

本試験の放流サイズの範囲内では放流サイズを大型化することにより，回収率および経済回収率は増加することが明らかになった。

考 察

放流サイズが回収率に与える影響 全長10 cm 群を対照区として，8 cm，6 cm，5 cm の各放流群における回収率および経済回収率を推定した。放流サイズと回収率および経済回収率の間には，正の一次回帰関係が得られ（Fig. 27, 28），本試験の設定の範囲内では，大型サイズほど放流効果が高いことが明らかになった。

カゴ網調査で得られた0歳時の放流群の割合と魚市場に水揚げされた1歳魚の割合が放流群ごとにほぼ一致した（Fig. 26）。これは，0歳から1歳の間には，放流サイズに関係する大きな減耗は起きていないことを意味すると考えられる。放流サイズの小型化により回収率が低下した要因として，移動による逸散と放流直後の食害による減耗が考えられる。しかし，本試験における10 cm 放流群については，平均19 %の高い回収率が得られているため，試験群（5 cm，6 cm，8 cm）が逸散して，10 cm 群のみが逸散しなかったとは考えにくい。このことから，小型放流群ほど回収率が低下した原因としては，放流直後の食害による減耗の可能性が高いと考えられる。宮古湾におけるクロソイの食害魚については調べていないため論じることはできないが，今回放流した場所が小型の種苗に適していないことは明らかである。

一方，宮古湾に放流したヒラメでは，全長2.5〜11 cm の範囲で放流すると，経済回収率は全長9 cm で最大値を示した（日本栽培漁業協会, 1999b）。これは，放流全長が10 cm を超えると放流経費が増加し回収率が低下したためである。しかし，本研究におけるクロソイの全長の範囲内では，放流サイズの大型化により回収率の低下は認められなかった。今後，10 cm 以上の放流サイズについて経済回収率との関係を調べる必要がある。

山田湾海域との比較 山田湾に放流した平均全長10 cm のクロソイの回収率の平均（範囲）は11.5 %（9.3〜15.4 %），経済回収率の平均（範囲）は0.91（0.68〜1.25）であった（第5章第1節）。一方，宮古湾に放流した全長10 cm 群の回収率の平均（範囲）は19.0 %（13.8〜22.9 %），経済回収率の平均（範囲）は1.03（0.93〜1.18）となった（Table 24, 25）。宮古湾放流群では，すべての回収尾数に対する1歳魚の尾数の割合は88.3 %であり（Table 24），山田湾放流群の61.2 %（第5章第1節）に比べて高い。すなわち，宮古湾では山田湾以上に1歳魚の水揚げが多いことから，適正な漁獲管理を行うことにより経済回収率を増加させる余地も大きいと考えられた。

小型サイズでの放流の可能性 本研究では，宮古湾中央部の水深8 mの地点にクロソイ種苗を放流した。しかし，湾奥部の水深2〜5 mの藻場に設置したカゴ網により多数の放流魚が再捕されたことから，湾中央部に放流された種苗の一部が湾奥部へ移動することが明らかになった。この場所では，放流魚とほぼ同サイズの天然稚魚522尾が再捕された（Table 23）。さらに，出産直前の天然の雌成魚が湾奥部で漁獲され（中川，未発表），出産直後と考えられる全長7 mm の仔魚が採集されている（日本栽培漁業協会，2003b）。放流場所よりも水深の深い湾口部における天然および放流幼稚魚の採集を実施していないため明言はできないが，宮古湾周辺に生息するクロソイは，出産場所の1つとして湾奥部を利用し，稚魚は周辺の藻場を成育場として利用していることが推測できる。北海道寿都湾では，全長29.8〜92.9 mm の本種の天然稚魚が水深1.5〜5 m で採集された（佐々木ら，2002）。志津川湾においても，成魚の出産と仔魚の生息場所は湾内であることが推測されている（高橋ら，1994）。従って，宮古湾についても湾奥部の藻場は，クロソイの出産，成育場ついて重要な役割を果たしていることが示唆された。今後，水深の浅い湾奥部の藻場に種苗を放流し，小型種苗の放流適地について検証することが重要である。

第6章　クロソイの栽培漁業の展望

栽培漁業は，減少した天然資源の増強や回復を目的とする管理手法の１つである（Munro and Bell, 1997；Willis *et al.*, 1995；Blaxter, 2000）。一方，親資源を積極的に保護して再生産力を増強する資源管理型漁業がある。近年，包括的な資源管理手法としてこれら天然資源の管理と栽培資源の培養を両輪として利用する資源計画が提案されている（北田，1999）。天然資源については，環境変動に対応して初期の生残率が変動し，加入量の不確実性が問題となる。一方，栽培漁業には，種苗生産施設や運営費に莫大な税金が投入されることから，事業として経済的側面からの評価が必要である（岩本ら，1998）。従って，栽培漁業では回収率および経済回収率を推定することが不可欠となる。

山田湾および宮古湾に全長10 cmのクロソイ種苗を放流すると，回収率の平均はそれぞれ11.5％および19.0％，経済回収率の平均は0.91および1.03となった（第５章第１節，第２節）。10％以上の高い回収率が得られたにもかかわらず，経済回収率が低かったのは，クロソイの市場単価（魚価）の低さに原因があった。本種の魚価はマダイの1/6，ヒラメの1/3であり，経済回収率はマダイの1/5，ヒラメの1/2となった（第５章第１節）。このため，経済回収率を高めるためには，漁獲全長を制限しクロソイの市場単価を上げることが，最も重要な課題である。

山田湾では，クロソイ種苗の放流により，漁獲量の増加が認められたが，放流停止後，漁獲量は減少傾向に転じた（第５章第１節）。これは，放流が漁獲量の増加には貢献したものの，再生産につながる漁業資源の構築には至らなかったことを示している。おそらく，漁獲率が高すぎたことがこの原因であり，前述の漁獲サイズと魚価の問題も含め，栽培漁業においても，放流後の資源管理の重要性が明確に示されている。

また，クロソイを含むほぼすべての栽培漁業対象種において経済回収率については，魚市場における水揚げ金額のみにより推定されている（北田・藤島，1997；岩本ら，1998；Okouchi *et al.*, 1999）。しかし実際には，漁業者が直接仲買人や民宿等へ出荷したり，遊漁による釣獲など市場を通さない流通も多く（小野寺ら，2001），経済効果が過小評価されることも多いと考えられる。神奈川県では遊漁による漁獲がマダイ漁獲量の76％を占めることが報告されている（今井，1994）。クロソイについても遊漁による釣獲が多いことから，これらを含めた受益者の裾野を広げた経済評価を行う必要性が提案されており（山下，1999），栽培漁業における新たな経済評価方法の構築と実施が求められる。

クロソイ成魚は水深30～100 mの湾口部からその沖合に生息し，出産期に妊娠した雌成魚が湾奥部の浅海域に移動して出産することが示唆された（第５章第２節）。このような生態は，断片的ではあるが宮城県志津川湾や北海道寿都湾においても報告されている（高橋ら，1994；佐々木ら，2002）。宮古湾，志津川湾，寿都湾では湾奥の藻場周辺で仔稚魚が採集されており，このような環境がクロソイ幼期の成育場となっていることが強く示唆された。しかし，本研究では，湾奥部での放流試験は行っておらず，クロソイの最適な放流手法の開発において，残された重要課題である。沿岸魚類では，成育面積が資源の水準を決める主要な要因の１つと考えられており（山下，2005），成育場となる湾奥藻場域の環境保全と放流種苗による余剰生産力の有効利用は，クロソイの資源培養を検討するうえで不可欠の要素となる。対象種の生態特性に基づいて，種苗放流を資源管理および成育場環境の保護と密接に連携させて推進することが，これからの沿岸資源において極めて重要である。

謝　辞

本研究を実施するにあたり，終始懇切なるご指導とご校閲を賜った京都大学フィールド科学教育研究センター教授の山下　洋博士に深甚なる感謝の意を表する。また，本論文のご校閲を頂き，貴重なご意見を賜った同大学フィールド科学教育研究センター教授の田中　克博士，同助教授の益田玲爾博士に厚くお礼を申し上げる。

クロソイの共同研究では，独立行政法人中央水産研究所資源評価部上席研究員の和田史郎博士，同生理特性研究室主任研究官の吉田勝俊氏，岐阜大学教育学部助教授の古屋康則博士，当時の大学院生の森　久就氏，京都大学の大学院生の陳　炳善氏，北里大学水産学部助教授の朝日田卓博士，当時の大学院生の笹本和茂氏，上智大学生命科学研究所助教授の安増茂樹博士には様々なご協力を賜った。重ねて厚くお礼を申し上げる。

独立行政法人水産総合研究センター宮古栽培漁業センターにおいて多忙な中で常にご協力いただき，かつ励ましを頂いた場長の有瀧真人博士，大河内裕之主任技術開発員（現，業務企画部研究開発コーディネーター），故前川秀男技術開発員，熊谷厚志主任技術開発員，太田健吾技術開発員（現，瀬戸内海区水産研究所栽培資源部栽培技術研究室），山田徹生技術開発員（現，

瀬戸内海水産研究所栽培資源部栽培技術研究室），藤浪祐一郎技術開発員，清水大輔技術開発員，野田　勉技術開発員に厚くお礼申し上げる。さらに，飼育およびサンプル処理業務にご協力頂いた宮古栽培漁業センター非常勤職員の坂井厚子氏，久保居英子氏，前川節子氏，田代ふくみ氏，沼崎正明氏，菊池哲子氏，前川裕也氏に深く感謝を申し上げる。

独立行政法人水産総合研究センター元理事の古澤徹氏（現，社団法人全国豊かな海づくり推進協会），元理事の今村茂生氏，前業務推進部次長福永辰廣氏（現，社団法人全国豊かな海づくり推進協会），宮古栽培漁業センター元場長の服部圭太氏（現，五島栽培漁業センター場長），元場長の丸山敬悟氏（現，業務推進部次長），元場長の大槻観三博士，業務企画部研究開発コーディネーターの桒田　博氏（現，日本海区水産研究所海区水産業研究部長），屋島栽培漁業センター場長の岩本明雄氏（現，瀬戸内区海水産研究所栽培資源部長），養殖研究所栽培技術開発センター長の虫明敬一博士，西海区水産研究所石垣支所長の與世田兼三博士，養殖研究所病害防除部の渡辺研一博士（現，養殖研究所業務推進課長），五島栽培漁業センター職員の本藤　靖主任技術開発員，長倉義智主任技術開発員（現，宮古栽培漁業センター），浜田和久技術開発員（現，養殖研究所栽培技術開発センター），吉田一範技術開発員，非常勤職員の永尾美代氏をはじめとする役職員の方々には本研究のとりまとめにあたりご配慮いただいた。ここに謹んで深謝の意を表する。

常に暖かい激励と有益なご意見を頂いた東京海洋大学教授の北田修一博士，同助教授の浜崎活幸博士に感謝を申し上げる。

文献の収集にご協力頂いた中央水産研究所業務推進部図書資料館の皆様に感謝を申し上げる。

最後に，山田および宮古魚市場において周年にわたってクロソイの全数調査をして頂いた専属調査員の阿部登氏，佐々木昭一氏，山田実氏，山下力夫氏，クロソイの稚仔魚の採集に全面的なご協力を頂いた宮古漁業協同組合壮青年部部長の山根幸伸指導漁業士に心からお礼を申し上げる。

文　献

秋田県，1977：種苗生産，クロソイ．昭和52年度指定調査研究総合助成事業報告書，pp1-15.

相田　聡，佐田小夜子，水主村敏治，1999：メバルの採仔の基礎的知見について．栽培技研，**27**，43-46.

Blaxter, J. H. S., 2000 : The enhancement of marine fish stocks. *Adv. Mar. Biol.*, **38**, 1-54.

Blom, G., Nordeide, J. T., Svåasand, T., and Borge, A., 1994 : Application of two fluorescent chemicals, alizarin complexone and alizarin red S, to mark otoliths of Atlantic cod, *Gadus morhua L. Aquacult. Fish. Manage.*, **25**, 229-243.

Boehlert, G. K., and Yoklavich, M. M., 1984 : Reproduction, embryonic energetics, and the maternal-fetal relationship in the viviparous genus *Sebastes* (Pieces: Scorpaenidae). *Biol. Bull.*, **167**, 345-370.

Boehlert, G. K., Kusakari, M., Shimizu, M., and Yamada, J., 1986 : Energetics during embryonic development in kurosoi, *Sebastes schlegeli* Hilgendof. *J. Exp. Mar. Bio. Ecol.*, **101**, 239-256.

Boehert, G. W., andYamada, J., 1991 : Introduction to the symposium on rockfishes. *Env. Bio. Fish.*, **30**, 9-13.

Bromage, N., Porter, M., and Randall, C., 2001 : The environmental regulation of maturation in farmed finfish with special reference to the role of photoperiod and melatonin. *Aquaculture*, **197**, 63-98.

Chadwick, E. M. P., Randall, R. G.., and Leger, C., 1986 : Ovarian development of Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts and age at first maturity. In: Meerburg, D. J. (E. D.), salmonid age at maturity. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.*, **89**, 15-23.

Carmona-Osalde, C., Rodriguez-Serna, M., Olvera-Novoa, M. A., and Gutierrez-Yurrita, P. J., 2004 : Gonadal development, growth and survival of the crayfish *Procambarus llamasi* at three different water temperature. *Aquaculture*, **232**, 305-316.

Dobson, S. H., and Holmes, R. M., 1984 : Compensatory growth in the rainbow trout, *Salmo gairneri* Richardson. *J. Fish Biol.*, **25**, 649-656.

土地敬洋，今井利為，1993：マダイ稚魚の組織と鱗へのアリザリン・コンプレクソンによる染色．水産増殖，**41**，379-385.

Duncan, N. J., Mitchell, D., and Bromage, N. B., 1999 : Post-smolt growth and maturation of out-of-season 0+Atlantic salmon (*Salmo salar*) reared under different photoperiods.

Aquaculture, **177**, 61-71.

Duncan, N. J., Thrush, M. A., Elliott , J. A. K., and Bromage, N. R., 2002 : Seawater growth and maturation of Atlantic salmon (*Salmo salar*) transferred to sea at different times during the year. *Aquaculture*, **213**, 293-309.

藤原公一，1999：アリザリン・コンプレクソンを用いたニゴロブナ，*Carassius auratus grandoculis* の耳石への標識装着条件．水産増殖，**47**, 221-228.

福永恭平，野上欣也，吉田儀弘，浜崎活幸，丸山敬悟，1990：日本栽培漁業協会・玉野事業場における最近のキジハタ種苗生産量の増大と問題点について．栽培技研，**19**，33-40.

福島県，1984：昭和58年度放流技術開発事業実績報告書，クロソイ・イシガレイ．87pp.

Glebe, B. D., and Saunders, R. L., 1986 : Genetic factors in sexual maturity of cultured Atlantic salmon (*Salmo salar*) parr and adults reared in sea cages. In: Meerburg, D. J. (E. D.), Salmonid Age at Maturity. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.*, **89**, 24-29.

浜崎活幸，福永恭平，丸山敬悟，1992：ガザミのふ化までの所要日数と飼育水温の関係およびふ化日の同調化について．栽培技研，**20**，73-85.

林　咲，1990：エゾメバル *Sebastes taczanowskii* の卵成熟および妊娠に伴う卵巣組織の微細構造的変化．修士論文，北海道大学，39pp.

北海道，青森県，宮城県，新潟県，福井県，2000：平成７～11年度放流技術開発事業総括報告書，底棲種グループ，クロソイ．

五十嵐孝夫，1968：海産胎生魚エゾメバル *Sebastes taczanowskii* の卵成熟および妊娠に伴う卵巣組織の微細構造的変化．修士論文，北海道大学，39pp.

池原宏二，永原正信，1980：メバル類養殖の基礎研究，Y. クロソイの餌料蛋白消化率と蛋白質最適含量．日水研研報，**31**，65-72.

今井利為，1994：プレジャーボートによるマダイ遊漁の実態．栽培技研，**23**，85-93.

今井利為，1996：神奈川県におけるマダイ種苗放流効果の推定．栽培技研，**25**，59-74.

今井利為，1997：神奈川県におけるマダイ種苗放流の経済的評価について．栽培技研，**26**，29-42.

Imamura, K., 1999 : The organization and development of sea farming in Japan. *In* Stock enhancement and sea ranching (eds. by Howell, B. R., Moksness, E., and Svåasand, T.), Blackwell, Oxford, pp. 91-102.

Ishino, K., 1999 : Stoking effectiveness of Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*, fingerlings released on the south-western coast of Hokkaido prefecture, Japan. *In* Stock enhancement and sea ranching (eds. by Howell, B. R., Moksness, E., and Svåasand, T.), Blackwell, Oxford, pp. 557-571.

岩手県，1989：昭和63年度クロソイ中間育成報告書．25pp.

岩本明雄，芦立昌一，1982：クロソイの種苗生産．栽培技研，**11**, 35-44.

岩本明雄, 大河内裕之, 津崎龍雄, 福永辰広, 北田修一，1998：魚市場の全数調査に基づく宮古湾のヒラメ種苗放流効果の推定．日水誌，**64**，830-840.

泉川晃一，植木範行，1995：陸上水槽におけるクロソイ幼魚の高密度飼育の試み．岡山水試研報，**10**, 176-178.

Jarboe, H. H., and Romaire, R. P., 1995 : Effects of density production and supplemental feeding on stunted crayfish *Procambarus clarkia* populations in earthen ponds. *J. World Aquaculture Soc.*, **26**, 29-37.

Jobling, M., 1983 : Influence of body weight and temperature on growth rates of Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L.). *J. Fish. Biol.*, **22**, 471-475.

Jobling, M., Meloer, O. H., Santo, J. D., and Christiasen, B., 1994 : The compensatory growth responses of the Atlantic cod: effects of nutritional history. *Aquac. Int.*, **2**, 75-90.

片倉靖次，太田守信，神　正人，桜井泰憲，2003：Oxytetracycline, Alizarin Complexone および Alizarin Red S を用いたスケトウダラ幼魚の耳石染色実験．水産増殖，**51**，327-335.

北田修一，藤島浩晃，1997：北海道におけるホタテガイの種苗放流効果の検討．日水誌，**63**, 686-693.

北田修一, 1999：栽培漁業と資源管理．アクアネット，**2**，湊文社，東京，48-51.

北田修一，2000：栽培漁業研究の重要問題．日水誌，**66**，150-151.

北田修一，2001：栽培漁業と統計モデル分析．共立出版，東京，334pp.

北川　衛，山口光明，萩野節雄，1983：マダイの腹鰭抜去による標識法について．栽培技研，**12**,

5-9.

児玉純一，1988：万石浦ニシンの生活史と資源変動－Ⅱ　生殖と食性．栽培技研，**17**，49-58.

Korsgaard, B., and Petersen, I. 1979：Vitellogenin, lipid and carbohydrate metabolism during vitellogenesis and pregnancy, and after hormonal induction in the blenny *Zoarces viviparous* (L.). *Comp. Biochem. Physiol.*, **63**, 245-251.

古屋康則，濱津友紀，松原孝博，1994：道東太平洋海域におけるキチジ *Sebastolobus macrochir* 雄の精巣発達過程．北水研研報，**58**，1-8.

Koya, Y., Matsubara, T., Ikeuchi, T., Adachi, S., and Sawaguchi, S., 2000：Dynamics of oocyte and embryonic development during ovarian cycle of the viviparaous mosquitofish *Gambusia affinis*. *Fish. Sci.*, **66**, 63-70.

Koya, Y., Mori, H., and Nakagawa, M., 2004：Serum 17, 20 β-dihydroxy-4-pregnen-3-one levels in pregnant and non-pregnant female rockfish, *Sebastes schlegeli*, viviparous teleost, and its production by post-ovulatory follicles. *Zoo. Sci.*, **21**, 565-573.

熊井英水，2000：海産魚の養殖．湊書房，東京，pp. 237.

Kusakari, M., 1991：Marinculture of kurosoi, *Sebastes schlegeli*. *Env. Bio. Fish.*, **30**, 245-251.

草刈宗晴，1995：クロソイの種苗生産に関する生殖生物学的研究．北水試研報，**47**，41-124.

桒田　博，塚本勝巳，1987：アリザリン・コンプレクソンによるマダイ稚仔魚の耳石標識－Ⅰ．栽培技研，**16**，93-104.

桒田　博，塚本勝巳，1989：アリザリン・コンプレクソンによるマダイ稚仔魚の耳石標識－Ⅱ．栽培技研，**17**，115-128.

Lim, S. R., Choi, S., Wang, X, J., Kim, K. W., Shin, I. S., Min, T. S., and Bai, S., C., 2004：Effects of dehulled soybean meal as a fish replacer in diets for fingerling and growing Korean rockfish *Sebastes schlegeli*. *Aquaculture*, **231**, 457-468.

松村靖治，2005：アリザリンコンプレクソンならびにテトラサイクリンによるトラフグ *Takifugu rubripes* 卵および仔稚魚の耳石標識．日水誌，**71**，307-317.

McClain, W. R., 1995：Growth of crayfish *Procambarus* clarkia as a function of density and food resources. *J. World Aquaculture Soc.*, **26**, 24-28.

Miglavs, I., and M. Jobling, 1989：Effects of feeding regime on food consumption, growth rates and tissue nucleic acids in juvenile Arctic chrr, *Salvelinus alpinus*, with particular reference to compensatory growth. *J. Fish Biol.*, **34**, 947-957.

宮城県，1984：昭和58年度放流技術開発事業実績報告書，クロソイ．44pp.

宮城県，1988：昭和63年度放流技術開発事業実績報告書，クロソイ．61pp.

水江一弘，1958：カサゴ精巣の季節的循環と精子形成について．長大水研報，**6**，27-38.

水江一弘，1959：カサゴの研究－Ｖ海産卵胎生硬骨魚類の卵巣の成熟およびその季節的循環に関する研究．長大水研報，**8**，84-110.

門間晴博，草刈宗晴，2001：マダラ放流技術開発，平成11年度北海道立函館水産試験場事業報告，北海道立函館水産試験場，147-151.

Mori, H., Nakagawa, M., Soyano, K., and Koya,Y., 2003：Annual reproductive cycle of black rockfish *Sebastes schlegeli*, in captivity. *Fish Sci.*, **69**, 908-921.

Muñoz, M., Casadevall, M., and Bonet, S. 1999：Annual reproductive cycle of Helicolenus dactylopterus dactylopterus (Teleostei: Scorpaeniformes) wuth special reference to the ovaries sperm storage. *Biol. Ass. U. K.*, **79**, 521-529.

Munro, J. L., and Bell, J. D., 1997：Enhancement of marine fisheries resources. *Rev. Fish. Sci.*, **5**, 185-222.

永沢　亨，2001：日本海におけるメバル属魚類の初期生活史．日水研研報，**51**，1-132.

Nagahama, Y., Takemura, A., Adachi, S., and Kusakari, M., 1991：Serum steroid hormone levels in relation to the reproductive cycle of *Sebastes taczanowskii* and *S.schlegeli*. *Env. Biol. Fish.*, **30**, 31-38.

Nakagawa, M., Okouchi, H., and Adachi, J., 2004：Stocking effectiveness of black rockfish *Sebastes schlegeli* released in Yamada Bay evaluated by a fish market census. *In* Stock enhancement and sea ranching (ed. by Leber, K. M., Kitada, S., Blankenship, H. L., and Svåasand, T.), Blackwell, Oxford, pp501-511.

中川雅弘，大河内裕之，有瀧真人，2006：クロソイ

の種苗単価の試算．栽培漁業センター技報，5，28-33.

中村良成，桒田　博，1994：アリザリンコンプレキソンによる稚魚への大量標識法における鱗からの標識検出法の検討．栽培技研，23，53-60.

Newell, R. C., and Branch, G.. M., 1980 : The influence of temperature on the mainetenance of metabolic energy balance in marine invertebrates. *In*: Blaxter, J. H. S., Ruussell, F. S., Yonge, M. (Eds.), *Advance in Marine Biology*. Academic Press, London, 329-396.

日本栽培漁業協会，1984：昭和58年度日本栽培漁業協会事業年報，日本栽培漁業協会，東京，pp.296.

日本栽培漁業協会，1992：平成２年度日本栽培漁業協会事業年報，日本栽培漁業協会，東京，pp.470.

日本栽培漁業協会，1993：平成３年度日本栽培漁業協会事業年報，日本栽培漁業協会，東京，pp.422.

日本栽培漁業協会，1994a：平成４年度日本栽培漁業協会事業年報，日本栽培漁業協会，東京，pp. 365.

日本栽培漁業協会，1994b：太平洋北区におけるヒラメ種苗生産技術集．栽培漁業シリーズ，日本栽培漁業協会，東京，pp.87.

日本栽培漁業協会，1995：平成５年度日本栽培漁業協会事業年報，日本栽培漁業協会，東京，pp.392.

日本栽培漁業協会，1996：平成６年度日本栽培漁業協会事業年報，日本栽培漁業協会，東京，pp.355.

日本栽培漁業協会，1997：平成７年度日本栽培漁業協会事業年報，日本栽培漁業協会，東京，pp.365.

日本栽培漁業協会，1998：平成８年度日本栽培漁業協会事業年報，日本栽培漁業協会，東京，pp.355.

日本栽培漁業協会，1999a：平成９年度日本栽培漁業協会事業年報，日本栽培漁業協会，東京，pp. 395.

日本栽培漁業協会，1999b：宮古湾におけるヒラメ種苗放流効果調査（1988～1996年）．栽培資源調査検討資料，14，pp40.

日本栽培漁業協会，2000：平成10年度日本栽培漁業協会事業年報，日本栽培漁業協会，東京，pp.420.

日本栽培漁業協会，2001：平成11年度日本栽培漁業協会事業年報，日本栽培漁業協会，東京，pp.391.

日本栽培漁業協会，2003a：平成13年度日本栽培漁業協会事業年報，日本栽培漁業協会，東京，pp.420.

日本栽培漁業協会，2003b：平成14年度日本栽培漁業協会事業年報，日本栽培漁業協会，東京，pp.420.

日本栽培漁業協会，2003c：平成15年度日本栽培漁業協会事業年報，日本栽培漁業協会，東京，pp.420.

尾花博幸，山本和久，松原孝博，1997：人工産卵基質によるニシンの産卵誘発．栽培技研，25，75-80.

岡本　昭，安元　進，蛭子亮制，森川　晃，1993：カサゴ稚魚に対するアリザリンコンプレクソンによる標識の有効性．長崎水試研報，20，25-29.

大河内裕之，北田修一，岩本明雄，1998：標識再捕の年齢情報を用いた放流魚の体長組成の年齢分解法．日水誌，64，462-468.

Okouchi, H., Kitada, S., Tsuzaki, T., Fukunaga, T., and Iwamoto, A., 1999 : Economic return rate from hatchery released flounder *Paralichthys olivaceus* in Miyako Bay evaluated by a fish market census. *In* Stock enhancement and sea ranching (eds. by Howell, B. R., Moksness, E., and Svåasand,T.), Blackwell, Oxford, pp.573-582.

大河内裕之，千村昌之，2001：宮古湾に放流した人工生産ニシンの生態と産卵回帰．月刊海洋，33，252-258.

Okouchi, H., Kitada, S. Iwamoto, A., and Fukunaga, T., 2004 : Flounder stock enhancement in Miyako Bay, Japan. Marine ranching. *FAO Fisheries Technical Paper*, Food and Agriculture Organization, United Nations, Rome., 429, 171-202.

大河内裕之，2006：栽培漁業技術開発の最前線－Ⅱ放流効果の調査手法と標識技術．日水誌，72，450-453.

小野寺毅，菊池喜彦，水間敏朗，佐藤金三，藤田則孝，2001：志津川湾における魚市場出荷外利用を含めたクロソイの年間採捕数の推定．東北水研研報，64, 53-60.

Ritter, J. A., Farmer, G. J., Misra, R. K., Goff, T. R., Bailey, J. K., and Baum, E. T. 1986 : Parenal influences and smolt size and sex ratio effects on sea age at first maturity of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *In*: Meerburg, D. J. (E. D.), Salmonid Age at Maturity. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* , 89, 30-38.

Robust, E. P., 1934 : *Fish. Zeit*, 42, 304-305.

酒井敬一，川村　亨，熊野芳明，1990：南三陸周辺水域におけるクロソイの年齢と成長．宮城水試研報，13, 10-20.

佐々木　功，1979：生殖機構の解明．昭和53年度指定研究総合助成事業報告書，クロソイ種苗生産，1-8.

佐々木　功，1989：日本海におけるクロソイの増養殖．日水研，日本海ブロック試験研究集録，**15**，85-90.

佐々木正義，西内修一，塩川文康，2002：北海道西岸中央域におけるクロソイ稚魚の生息域と胃内容物に関する予報．栽培技研，**30**，27-30.

佐々木正義，蜜谷法行，西内修一，塩川文康，高橋豊美，2004：北海道後志沿岸におけるクロソイの年齢と成長．水産海洋研究，**68**，232-238.

清水　健，八幡康一，1991：栽培漁業と新養成技術　クロソイの種苗生産．水産の研究，**10**，101-107.

代田昭彦，1970：魚類仔稚魚の口径に対する研究．日水誌，**36**，353-368.

新間脩子，北村弘子，1987：アマゴ当歳魚の成熟と産卵．養殖研研報，**12**，93-96.

Sorokin, V. P., 1961：The red fish: gametogenesis and migration of the *Sebastes marinus* (L.) and *Sebastes mentella* Travin. *Tapp. Cons. Explor. Mer.*, **150**, 245-250.

鈴木　亮，山口元吉，1977：ドジョウの成熟におよぼす水温の影響ならびに周年採卵．日水誌，**43**，367-373.

水産庁，水産総合研究センター，2006：平成16年度栽培漁業種苗生産，入手・放流実績（全国）資料編，pp. 412.

高場　稔，1986：マダイの種苗放流・追跡－V　腹鰭抜去標識放流魚の腹鰭再生について．栽培技研，**15**，177-186.

Takahashi, H., Takano, K., and Takemura, A., 1991：Reproductive cycles of *Sebastes taczanowskii*, compared with those of rockfishes of the genus *Sebastes*. *Env. Biol. Fish.*, **30**, 23-29.

高橋清孝，富川なす美，熊谷　明，1994：志津川湾におけるクロソイの種苗放流－V．成熟と産仔．宮気水試研報，**9**，28-32.

高橋清孝，熊谷明，富川なす美，佐藤孝三，1994：志津川湾におけるクロソイの種苗放流－Ⅳ　沖合い漁場における大型魚の生態．宮城気仙沼研報，**9**，22-27.

高橋庸一，1994：アリザリン・コンプレクソンの経口投与によるヒラメ稚魚の耳石染色．日水誌，**60**，611-615.

高野和則，1987：卵巣の構造と配偶子形成．魚類繁殖学（隆島忠夫・羽生　功編著），緑書房，東京，pp.3-34.

Takemura, A., Takano K., and Takahashi, H., 1987：Reproductive cycle of viviparous fish, the white-edged rockfish, *Sebastes taczaanowskii*. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, **38**, 111-125.

竹村明洋，1989：フサカサゴ科胎生魚の雌の生殖に関する研究．博士論文，北海道大学，160pp.

Thorpe, J. E., Talbot, C., Miles, M. S., and Keay, D. S., 1990：Control of maturation in cultured Atlantic salmon, *Salmo salar*, in pumped seawater tanks, by restricting food intake. *Aquaculture*, **86**, 315-326.

Thrush, M. A., Duncan, N. J., and Bromage, N. R., 1994：The use of photoperiod in the production of out-of-season Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts. *Aquaculture*, **121**, 29-44.

戸田久仁雄，関口研司，1991：ぺヘレイの水田利用養殖技術開発試験－Ⅱ　給餌回数と成長の関係．神奈川淡水試報，**27**，48-51.

友田　努，2003：海上筏における ALC 標識装着試験．平成14年度日本栽培漁業協会事業年報，日本栽培漁業協会，東京，119-120.

友田　努，栗田　博，2006：pH 調整したアリザリン・コンプレクソン溶液の希釈によるハタハタ稚魚の耳石標識．日水誌，**72**，76-78.

土田修二，瀬戸熊卓見，1997：クロソイ幼魚の温度反応．日水誌，**63**，317-325.

Tsukamoto, K., 1988：Otolith tagging of Ayu embryo with fluorescent substances. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **54**, 1289-1295.

楳田　晋，水内俊郎，落合　明，長谷川　泉，1981：催熟したブリ親魚の水槽内産卵について．栽培技研，**10**，127-131.

Willis, S. A., Falls, W. W., Dennis, C. W., Roberts, D. E., and Whitchurch, P. G.., 1995：Assessment of season of release and size at release on recapture rates of hatchery-reared red drum. *American Fisheries* Society Symposium, **5**, 354-365.

Wourms, J. P., 1981：Viviparity: the maternal-fetal relationship in fishes. Am. Zool., **21**, 473-515.

Yamada, J., Kusakari, M., 1994：Staging and the time course of embryonic development in kurosoi, *Sebastes schlegeli*. *Env. Bio. Fish.*, **30**, 103-110.

山田作太郎，北田修一，1997：生物資源統計学．成山堂，東京，pp.263.

山田町，1994：平成４・５年度山田町水産種苗センタ

ー業務報告書．pp. 97.

山口正男，1978：タイ養殖の基礎と実際．恒星社厚生閣，東京，pp.22.

Yamashita, Y., Nagahora, S., Yamada H., and Kitagawa, D., 1994 : Effects of release size on survival and growth of Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* in coastal water off Iwate prefecture, northeastern Japan. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **105**, 269-276.

Yamashita, Y., and Yamada, H. 1999 : Release strategy for Japanese flounder fry in stock enhancement programmes. *In* Stock enhancement and sea ranching (eds. by Howell, B. R., Moksness, E., and Svåasand, T.), Blackwell, Oxford pp.191-204.

山下　洋，1999：アメリカにおける栽培漁業と地域振興．水産増殖，**47**，612-613.

山下　洋，2005：異体類の加入量変動．海の生物資源（渡邊芳朗編），東海大出版，東京，272-285.

吉田勝俊，中川雅弘，和田志郎，2001：DNA マーカーを用いた人工種苗の親子鑑定．水産育種，**30**，27-35.

Yoshida, K., Nakagawa, M., and Wada, S., 2005 : Multiplex PCR system applied for analyzing microsatellite loci of Schlegeli's black rockfish, *Sebastes schlegeli*. *Mol. Ecol.*, **5**, 416-418.

水研センター研報，第25号，289－291，平成20年
Bull. Fish. Res. Agen. No. 25, 289-291, 2008

和文要旨

日本産硬骨魚類の耳石の外部形態に関する研究

飯塚　景記（元東北区水産研究所）
片山　知史（中央水産研究所）

耳石形態に関する研究は，魚類年齢研究と共に早くから行われており，研究報告も比較的多い。それらの内容は，一魚種の耳石外形から複数魚種の耳石の外形，溝，核等の特徴を解析した研究まで様々である。しかし，耳石サイズを含めて耳石形態を体系的に整理した報告はこれまで発表されていない。筆者らは，耳石の形と大きさを分類群内，分類群間で比較を行い，さらに縦偏形，側編形等の魚体型や定着性，回遊性等の生活型との関連を検討することにより，多用な耳石形態法則性を見いだすことを目的として，日本産硬骨魚類29目，162科，550種の耳石を収集し，表面各部の観察と耳石の長さと高さの計測を行った。本稿では第1章において，耳石形態研究が国内外でどのような研究経緯で進められてきたかを簡潔に述べ，次に，耳石の外部形態について，全体の形および各部位の形状を類型化し，さらに耳石の大きさの基準を決めた。第2章では魚種毎の観察結果，計測結果を基に，魚種毎の耳石形態を分類群毎に整理して記載した。第3章では各章で得られた耳石形態の特徴を総括し，耳石形態に関する系統進化学的，生態学的，機能形態学的な検討を行い，耳石形態を規定する要因を考察した。耳石平面形は，楕円形が一般的であり，耳石長比（耳石高に対する耳石長の比）が0.8～3.0の魚種が，全体の約83 %を占めた。ただし，耳石長比が3を超える広線形は16種に限られていた。しかし，それらは，ムネダラ，ギンダラ，オニカサゴに加え，エソ類，コチ類，カマス類，マグロ類の一部から構成されており，広い分類群にわたっていた。長方形の耳石はマサバ，ゴマサバ，カツオの3種であり，また不定形の帆船に似た特異な型の平面形はマトウダイ目とフグ目のみに見られる特徴であり，分類形質として有用であると考えられた。側面形については，全体の3/4以上の魚種が，外側に反った耳石を有していることが示された。突出隆起型はニベ科に特有な形状である。また，逆反り状型で弱いながらも内側に反った耳石（溝側に僅かに湾曲）は，マツカサウオ，シラウオ，ナガレメイタガレイ，イヌノシタのみにみられており，種判別に有用であると考えられた。溝の形については，全体の3/4以上の魚種が，耳石前縁の欠刻部から中央部もしくは後縁にいたる構造であることが示された。溝が耳石中央部のみであるのは，カレイ目，ハゼ科にみられる特徴的な型であるが，これら分類群以外ではリュウキュウホラアナゴ，ホタテウミヘビ，ヒモアナゴ，インキウオ，ワヌケフウリュウウオにみられた。耳石の形状をまとめると，併せて40 %以上の魚種が，外側に反った楕円形で溝が欠刻部から後縁付近まで形成されている耳石を有していることが示された。また，耳石形状から魚種が数種に絞り込むことができるのは70種弱であり，全体の12 %程度しか種判別ができないことがわかった。しかし，種レベルではなく分類群レベルでは，前述のように特有の耳石形状を有する場合が多く，本論文が耳石から分類群を推定する際の有用な資料となるものと考えられる。耳石外部形態の形成要因については，平面形，側面形，溝のいずれの類型も複数の分類群に共通しており，系統進化学的な傾向が認められなかった。平面形が円形の魚種はソコギス科とハゼ科，クサウオ科，ゲンゲ科，ヒラメ科の一部，ゴンズイ，キントキダイ，サンゴタツ，マメハダカ等であり，これらのほとんどは底棲魚類である。広線形の魚種はカマス科，クロタチカマス科，エソ科の一部とヒカリフデエソ，ムネダラ，ギンダラで，底棲魚類も少なくなかった。このように，同じ底棲性であるのに最も丸みがある形状と最も長い形状のものが存在し，生活型が平面形を規定するとは考えられなかった。溝については，十分に発達しているタイプの分類群は，その80 %以上の種がニシン目，サケ目，タラ目，アイナメ科，ホタルジャコ科，ハタ科，テンジクダイ科，アジ科，イサキ科，タイ科，クロタチカマス科，サバ科，フグ目であり，十分に発達していないタイプの分類群は，その60 %以上の種がウナギ目，コチ科，フサカサゴ科，カジカ科，クサウオ科，ゲンゲ科，タウエガジ科，ハゼ科，カレイ目であった。総じて，遊泳性もしくは集群性の強い魚種が多い分類群は溝が発達し，定着性もしくは底棲性の強い魚種が多い分類群は溝が発達していない傾向がみられた。更には，メバル属では，生息水深が浅いほど耳石後縁まで達せず中央と後縁の途中で途切れるタイプが多かった。今回は溝の深さを計測しなかったが，溝の形・大きさと生活型との関連性が示唆された。

耳石の大きさについては，全体として体長の大きな魚種ほど相対サイズ（全長に対する耳石長の比）が小さくなる。耳石相対サイズが5以下の魚種は，体型が紡錘形，ウナギ型の魚種もしくはカジキ類，フグ類に多い。これに対して相対耳石サイズの大きい魚種は，頭部が体長に対して相対的に大きな魚種が多い。したがって，耳石相対サイズは，沿岸性，外洋性，底棲性，遊泳性というグループ分けや生活型では解釈しきれず，頭部の大きさや分類群毎の特性によるものと考えられる。耳石の形を特徴付ける耳石長比についても，前述のように系統進化学的な傾向は認められなかった

が，頭部が縦扁している魚種は耳石長比が大きく，頭部が丸い魚種は耳石長比が小さい傾向があった。したがって，耳石の大きさや細長さは，頭部の大きさや形，神経頭蓋の耳殻部の大きさや形に大きく規定されるものと考えられた

No.25, 1-222（2008）

クロソイの栽培漁業技術開発に関する研究

中川　雅弘（五島栽培漁業センター）

メバル属魚類の多くは，有用な水産資源として沿岸漁業，栽培漁業，養殖の対象種である。我が国において栽培漁業対象種とされるメバル属魚類は，クロソイやメバルをはじめとして6種におよぶ。しかし，どの種類においても親魚養成や種苗生産に関して断片的な報告があるものの，中間育成，標識技術，放流効果調査を含めた一貫した栽培漁業技術としての研究はない。本研究ではメバル属魚類の中で最も多くの種苗が放流されているクロソイを研究対象として，本種の生物学的知見に基づいた栽培漁業技術の構築を図るとともに，残された問題点を検討した。クロソイの成長と成熟過程に対する水温の影響を調べるために，生後7カ月から4歳まで3つの異なる水温（対照区，12℃区，15℃区）で飼育した。生後10～15カ月の全長は15℃区＞12℃区＞対照区の順で有意差が認められたが，それ以降は補償的な成長が観察され，試験区ごとの全長に顕著な差は認められなくなった。また，同一水温の雌雄間の全長を比較した結果，すべての試験区で雌が早く成長し，かつ高水温区ほど早期に雌雄差が現れた。水温を高めることにより雄の早熟を引き起こしたものの，雌には認められなかった。一方，対照区および12℃区では正常に出産したが，15℃区では未受精卵を放出する異常出産が観察された。飼育水温は，クロソイの成長，成熟および出産に大きな影響を与えることが明らかになったが，本研究の水温条件下では，親魚養成に対する低水温期の加温の効果は認められなかった。飼育下のクロソイの生殖年周期を明らかにすることを目的とした飼育試験を行った。雌は11月に卵黄形成を開始し，4月に成熟して妊娠し，6月に出産した。雌の生殖周期はGSIおよび卵巣組織の変化に基づき以下の5期に分けられた。卵黄形成期・交尾期(11～12月），卵黄形成盛期（1～3月），妊娠期（4～5月），出産期（6月），回復期（7～10月）。雄は6月に精子形成を開始し，11月に成熟した。雄の生殖周期は以下の5期に分けられた。精原細胞増殖期（3～5月），精子形成前期（6～7月），精子形成後期（8～10月），機能的繁殖期（11～12月），回復期（1～2月）。出産経験を有する7歳のクロソイ雌親魚を5尾用いて，交尾期の前から雌のみで飼育し，人為的に交尾ができない条件を設定した。カニュレーションを用いて，各親魚の卵巣卵径の経時的変化を個体別に追跡した。その結果，すべての個体の卵巣卵径は測定開始時から増加したが，排卵2～3週間後から減少傾向に転じ，その後すべての個体で卵が放出された。このことから，交尾できなかったことが，種苗生産現場で観察されている卵の放出という異常出産の原因の一つと考えられた。飼育下のクロソイ雌親魚について，個体ごとに3年間にわたり卵巣内の胚の発生段階を調べたところ，調査年にかかわらず，個体ごとに毎年同じ時期に同じ胚の発生段階に達していた。これは，クロソイ親魚が個体ごとに固有の胚発生リズムを有していると示唆され，このリズムを利用した，種苗生産における効率的な親魚管理を検討した。散発的に行われるクロソイ親魚の出産の集中度を高めることを目的として選別試験を実施した。カニュレーションによって得られた胚の発生段階から，出産日が近いと判断された親魚を選別し，選別しなかった区と3年間にわたり出産状況を比較した。その結果，選別によって出産期間が短縮され，出産の同調性が有意に高まった。カニュレーションを用いた親魚選別法により，集中的に多数のふ化仔魚を得ることが可能となり，種苗生産の効率化が可能となった。また，胚の発生段階から予測された出産日と実際の出産期間がほぼ一致した。本種法を高い遺伝的多様性を維持できる種苗生産技術に発展させることが今後の重要な課題である。ワムシを与えない餌料系列が，クロソイ仔魚の成長と生残率に与える影響を調べた。ワムシ－アルテミアの順で給餌する区(対照区）と，アルテミアのみを給餌する区（アルテミア区）の2つの餌料系列を設定して15日間飼育した。各試験区の摂餌率，成長および生残率をそれぞれ比較した。アルテミア区では試験開始の24時間後には摂餌率が96.7%に達した。全長，生残率とともに，試験区間に有意差は認められなかった。この結果から，ワムシの培養工程を省くことが可能となり，クロソイの種苗生産工程の効率化を図ることができた。1982～2004年の23年間に宮古センターで実施されてきたクロソイの種苗生産の結果を整理し，本種仔稚魚の成長，発育段階および日間死亡率を調べて，仔稚魚の死亡要因を推察した。クロソイの種苗生産工程では，3～7日齢(前期)，18～25日齢（中期)，35～40日齢（後期）に死亡率の増加が認められた。前期の死亡個体は，口および脊椎骨に形態異常が観察され，消化管内には餌料が認められず生残魚に比べて発育が遅れていた。前期死亡

率は，中期，後期の死亡率よりも高く，また中期の死亡個体は鰾が正常魚に比べて著しく大きく，ガス病の疑いが示唆された。後期の死亡原因は共食いであった。

クロソイの中間育成経費の削減を目的として，飼育密度および給餌回数を変えた試験を行った。種苗の収容密度は200尾 /kL，400尾 /kL，800尾 /kL，1日の給餌回数1回，2回の6試験区を設定した。42日後の生残率は99.9～100 %，日間成長率は3.3～3.5 %となり，試験区間には差が認められなかった。しかし，飼料効率は1日に1回給餌する区が2回給餌する区に比べて高かった。また，全長40 mmの種苗を100 mmまで飼育する場合には，収容密度を800尾 /kLにすることで200尾 /kLより1尾あたり約10円，給餌回数を1日1回にすることで1尾あたり1円を削減することが可能と試算された。同一生産群のクロソイ種苗を使い，全長40 mm（60日齢），60 mm（90日齢），80 mm（120日齢），100 mm（150日齢）の4試験区を設定して各100尾に対して腹鰭抜去標識を施し，2年間水槽内で飼育した。生残率および腹鰭抜去標識の残存率を試験開始から1，3，6，12カ月および24カ月後に調べた結果，生残率は95～97 %，標識の残存率は40 mm区が97 %，その他は100 %であった。標識の残存率および成長，生残率では試験区の間に差はなく，40 mmで腹鰭抜去標識の装着は可能であると判断された。ALC標識をクロソイ種苗（全長45 mm）へ安全に，かつ経済的に装着する技術を得ることを目的として，3段階（15，30，50 mg/L）の浸漬濃度を設定し，試験区ごとの生残率，標識としての視認性および持続性を2年間調べた。15 mg/L区の生残率は99.9 %と安定し，30 mg/L区の52.4，81.7 %，50 mg/L区の13.7, 3.9 %に比べると高い値を示した。視認性の評価についても15 mg/Lが最も高い値を示し，かつ2年間にわたって耳石を研磨せずにALC標識の確認が可能であった。15 mg/L区，30 mg/L区および50 mg/L区の生残尾数の平均値を基に，1尾あたりに要したALCの経費を算出した結果，それぞれ1.50円，4.47円，57.0円であった。これらの結果から，本試験の設定範囲内では，15 mg/L区が最もクロソイに適したALC濃度であると判断された。11年間の全開場日・全数の調査で得られた山田魚市場のクロソイの漁獲データを用いて，山田湾に放流したクロソイの放流効果を推定した。1989～1997年の間に8つの群を放流した。魚市場調査では，水揚げされたすべてのクロソイについて全長および標識の有無を調べた。放流された447,400尾のうち51,512尾の放流魚が魚市場へ水揚げされた。回収された放流魚の年齢構成は，1歳61.2 %，2歳30.3 %，3歳以上8.6 %であった。各放流群の回収率は9.3～15.4 %と高い値を示した。しかし，水揚げ金額を放流経費で除した経済回収率は，0.68～1.25となり，8群のうち5群で1以下であった。クロソイの栽培漁業を経済的に成立させるためには，漁獲サイズの制限による水揚げ金額の増加や放流経費の低減を図る必要がある。全長10 cmを対照群として，8 cm，6 cm，5 cmの4つの異なるサイズの試験群を設定し，クロソイの放流サイズと回収率，経済回収率の関係を調べた。10 cm群の回収率の平均（範囲）は19.0 %（13.8～22.9 %）となった。試験群の回収率は，8 cm群では9.5%，6 cm群では9.6 %，5 cm群では3.4 %であった。放流全長（$\underline{X}$）と回収率（$\underline{Y}$）の間には $\underline{Y}$=3.2092$\underline{X}$-12.166（$\underline{r}^2$=0.76, $\underline{P}$<0.05）の一次回帰関係が得られた。10 cm群の経済回収率の平均（範囲）は1.03（0.93～1.18）となった。試験群の経済回収率は，8 cm群では0.78，6 cm群では0.58，5 cm群では0.29であった。放流全長（$\underline{X}$）と経済回収率（$\underline{Y}$）の間には $\underline{Y}$=0.1542$\underline{X}$-0.4254（$\underline{r}^2$=0.93, $\underline{P}$<0.05）の一次回帰関係が得られた。放流サイズを大型化することにより，回収率および経済回収率は増加した。湾奥部でカゴ網を用いて調査した結果，0歳の放流魚（7.0～20.2 cm, N=211）および天然稚魚（4.7～19.8 cm，N=522）が採集された。放流魚が放流場所から湾奥部へ移動する現象が認められた。小型サイズの本種稚魚の放流適地については，湾奥部の藻場である可能性が示唆された。山田湾では，クロソイ種苗の放流により，漁獲量の増加が認められたが，マダイやヒラメと比べると，栽培漁業として経済的に自立できる効果は得られなかった。これは魚価の低い1歳魚が主に水揚げされることが要因である。従って，放流効果を高めるためには1歳魚を保護し，2歳魚以降で漁獲するなどの漁獲管理の導入が早急に必要である。対象種の生態特性に基づいて，種苗放流を資源管理および成育場環境の保護と密接に連携させて推進することが，これからの沿岸資源において極めて重要である。

No.25, 223-287（2008）

[illegible]

水産総合研究センター研究報告
Bulletin of Fisheries Research Agency

編集委員会
編集委員長　馬場徳寿
編 集 委 員　松尾　豊，武内智行，時村宗春，平井光行，川原重幸，高柳和史，
鈴木満平，北川大二，杜多　哲，野川秀樹，丸山敬悟，廣川純夫

平成20年12月31日　発行

発 行 所　独立行政法人　水産総合研究センター
〒220-6115　神奈川県横浜市西区みなとみらい2-3-3　クィーンズタワーB　15階
Fisheries Research Agency
Queen's Tower B 15F, 2-3-3, Minato mirai, Nishi-ku, Yokohama, Kanagawa.
220-6115 Japan
http://www.fra.affrc.go.jp

発 行 者　中前　明

印 刷 所　日昇印刷株式会社

ISSN 1346-9894

BULLETIN OF
FISHERIES RESEARCH AGENCY

No. 25
December 2008

Bull.Fish.Res.Agen.

CONTENTS

Review

Otolith morphology of teleost fishes of Japan
Keiki IIZUKA, Satoshi KATAYAMA 1

Doctoral Thesis

Stdies on the stock Enhancement Technology of the Black Rockfish *Sebastes schlegeli*
Masahiro NAKAGAWA 223

Abstracts (JAPANESE) 289